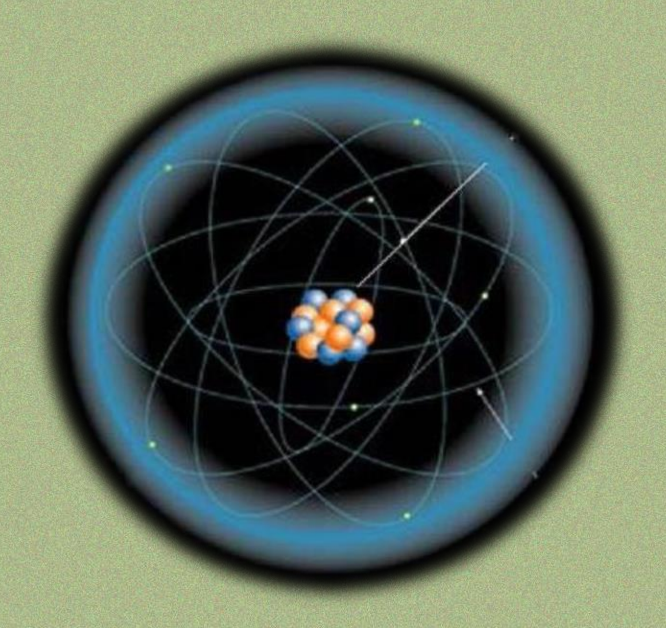
العلم للجميع



أسرار عالم الجسيمات الدقيقة

ف . تشيرنوجوروفا

غلاف : علي مولا

На арабском языке

١٩٧٨

العالم الذى لا يمكن رؤيته

... تتحكم الطبيعة فى الاشياء بواسطة اجسام غير مرئية .

لوكريشيوس كاروس

القائد الجديد

غرباء الاطوار يحلون الحياة . لقد كان العالم ليبدو كالحا جدا ان لم يكن فيه غرباء الاطوار ، هؤلاء الذين لا يقنعون ابدا ، دائمو القلق للغاية ، محبو الاستطلاع بدرجة غير عادية ، والفضوليون بغير حدود . فهم يبحثون بعناد عن المشكلات التى لا يفهمها الا القليلون ، ويجهدون انفسهم لحلها ، وسبر اغوارها . ويكتشفون ، ويخترعون ، ويصنعون شيئا ما بلا كلل . وصدق قول الشاعر الكازاخي اولجاس سوليمينوف :



يلزم لكل قبيلة انسان واحد ،
عبقرى . فلتنجبوا مثل هؤلاء .

ولا يلزم الذهاب بعيدا لكي تجد مثل هذا الانسان . فاى عالم حقيقي ، هو ولو بقدر قليل ، غريب الاطوار . عطشه الى المعرفة لا يروى . ولا يمكن لاى شيء ، لا الحرب ولا الجوع ولا الخراب ، ولا المصائب الشخصية ان تقلل لدى العالم من حب المعرفة ، تلك الصفة الانسانية النفيسة .

كان ارخميدس يحل المسائل الرياضية فى مدينة سيراكيوز المحاصرة . وانهى كيبالتشيش مشروع مركبة الفضاء فى زنزانات السجون . واستمر تفكير الباحثين المثابر والذى لا ينطفئ فى بيتروجراد الجائعة ، وفى لينينجراد المحاصرة .

ان الحياة تطرح امامنا الكثير من المشكلات ، يحل بعضها بسهولة جدا . وتبذل اجيال عدة من العلماء الجهود لحل بعضها الآخر .

ويبدو تافها بل وحتى طفوليا السؤال : «كيف تكون العالم ؟» ولكن الانسان يبحث عن الاجابة على هذا السؤال منذ اكثر من الفى عام .

عندما يأخذ الطفل لعبة فى يديه تقتحمه فكرة متأججة : وماذا يوجد هناك ، فى داخلها ؟ وفى الحال تتحطم الدمى ، وتتكسر الدوامات ، وتفكك الساعات المنبهة . رب طفل لم يعثر على اى



شيء هام بالنسبة له يلقى باللعبة ومعها المشكلة غير المشوقة بالنسبة له . ويظل السؤال عند طفل آخر عن التكوين الداخلى للعبة ملازما له طوال الحياة ويرتقى الى السؤال عن التكوين الداخلى للعالم . مثل هذا الطفل يصبح لا محالة عالما فى المستقبل .

فى القرن السادس قبل الميلاد سأل هذا السؤال الساذج كأسئلة الاطفال ، العميق كاسئلة الفلاسفة ، عن التكوين الداخلى للعالم ، انسان راشد لاول مرة .

من اية مادة يتكون العالم ؟ سأل نفسه المفكر الاغريقى القديم وأحد مؤسسى العلم ، ثاليس الملطى . لقد تراءى له ، كما تراءى لعلماء المدرسة الايونية الآخرين ، انه من المحتم وجود بعض الجسيمات المادية ، وعناصر معينة ملموسة تماما تتشكل وتتكون منها كل الاشياء الاخرى .

وبمرور قرن من الزمان، ولاول مرة تلمس ديموقريط وهو تلميذ ثاليس الاجابة على هذا السؤال المحير. لقد اعتبر ديموقريط ان العالم مبنى من عنصرين : من جسيمات ــ ذرات دقيقة جدا لا ترى بالعين المجردة ولا تتحطم ، ومن الفراغ . وكانت الطبيعة عند ديموقريط هى « حركة غير منتظمة للذرات فى كل الاتجاهات » .

وصاغ الفيلسوف المادى الرومانى القديم تيت لوكريشيوس كاروس فرضية ديموقريط حول الذرة فى صورة شعرية . ومن كلمات هذا المبسط الاول للعلم تعرف العالم على احدى الفرضيات العلمية العظيمة هى فرضية وجود الذرات .

وظل العلم لمدة الفى عام راضيا بالافتراض التأملى الذى قاله ديموقريط ولوكريشيوس . وفى القرن التاسع عشر فقط انشغل الكيميائى وعالم الطبيعة الانجليزى جون دالتون بالمراجعة المعملية للاراء الذرية القديمة .

وتوالت التجارب تلو التجارب . وراح دالتون يزن بدقة واناة ، لا يحسنهما الاكيميائى ، كمية المواد الداخلة فى التفاعل ، ويقارن النتائج مع كمية المواد الناتجة بعد التفاعل .

وانهى دالتون التجارب المعملية الكيميائية الطويلة باستنتاج هام : كل مادة كيميائية تتصل بالاخرى بتناسب معين فقط . وكما هو الحال فى صندوق الدنيا حيث يتكون من نفس مجموعة قطع الزجاج عدد ضخم من الاشكال الغريبة ، فان الجزيئات تتكون من « قطع » صغيرة جدا من المواد المختلفة .

يقال ان الشهية تأتى فى وقت الأكل . وقد اجج دالتون « شهية » الكيميائيين لتحطيم المادة . فبدأوا بالمعنى الحرفى « بتعذيب » المادة : قاموا بتسخينها ، وتقطيرها ، وتبخيرها وباذابة مئات من المركبات الكيميائية . وتفككت المركبات الى « كسر » ، الى « قطع » منفصلة من انواع مختلفة . ولكن هذه « القطع » ظلت ثابتة ، ولم تتفكك بعد ذلك الى اى شيء آخر .

وكيف كان يمكن هنا عدم اعتبار « كسر » العناصر الكيميائية هذه، جسيمات اولية للمادة لا يوجد شيء ادق منها، ولا يمكن ان يكون ؟ وكيف لا نطابقها مع الذرات التى افترضها ديموقريط ؟

وقام نظام مندلييف الدورى للعناصر الكيميائية على هذا المستوى الذرى لبناء المادة ، ويعتبر هذا النظام اعظم انجاز للعلم المتجه الى معرفة كيفية نشوء العالم . ولقد انشأه مندلييف مستندا فقط الى قيمة الاوزان الذرية للعناصر المعروفة فى ذلك الزمان وعلى « حدسه الرائع » كما قال من بعد نلس بور .

ولقد اغنانا جدول مندلييف بمعرفة التنوع فى اشكال الطبيعة الحية وغير الحية الذى يسود على كوكبنا . لقد قام هذا الجدول بدور هام جدا فى الكيمياء والفيزياء وحفز على البحث عن عناصر كيميائية جديدة تركت لها اماكن خالية فى الجدول .

وهو يفيد اليوم فى تخطيط اعمال تخليق عناصر جديدة ثقيلة جدا والتنبؤ بخواص المركبات الاصطناعية الكيميائية التى لم

تنشأ بعد . وعلى اساسه بنيت كل الصناعات الكيميائية والميتالورجيا .

ولكن ديمترى مندلييف نفسه كان يحس بعدم الرضى ، لانه لم يعرف ما هى قوانين الطبيعة الكامنة فى اساس الصفة الدورية التى اكتشفها فى الخواص الكيميائية والفيزيائية للعناصر . وما امكن اكتشاف قوانين الطبيعة الرئيسية ، وقوانين ميكانيكا الكم ، والتى كان النظام الدورى للعناصر انعكاسا لها ، الا بعد ان اصبح العلماء يدرسون تكوين المادة على المستوى التالى — على المستوى النووى .

قال الاكاديمى السوفييتى زيلدوفيتش : ان « استشفاف الاسباب الداخلية للظواهر من مظاهرها الخارجية ، قد يكون ، بل هو حقا ، من اكثر الاشياء أهمية واكثرها قيمة ومتعة فى العلم كله » .

ان علم بناء المادة يتمتع حاليا بامكانيات تسمح له بان يتغلغل الى داخل المادة حتى عمق $١٠^{-١٥}$ سنتيمترا . ويدرس الفيزيائيون خواص بناء المادة الاكثر « اولية » من الذرات . فما الحاجة الى ذلك ؟

عندما يستطيع العلماء ايجاد القوانين التى تشرح دقائق سلوكها ، وكل خواصها ، والتى تتنبأ بكم يجب ان يكون عددها ، عندئذ سنحصل على « جدول مندلييف » للجسيمات الاولية . وسيعطينا المفتاح لتفهم طائفة اكبر بكثير من الظواهر من عالم الجسيمات الدقيقة (الميكرو) حتى علم الكونيات (الكوزمولوجيا) .

يقول العالم ورنر هيزينبرج بان النظرية الموحدة حول عالم الجسيمات الدقيقة والجسيمات الكبيرة (الماكرو) تظل حتى يومنا هذا ، وبدرجة كبيرة ، «موسيقى المستقبل» .

من المحتمل ، انه ينمو الآن ذلك الملحن الذى سيستطيع ان يكتبها ...

اما الآن ، فلنعد الى تلك الازمنة البعيدة عندما كان علم الذرة يعيش انتصاراته .

لم تهدنا الكيمياء الذرات فقط ولكنها امدتها ببطاقة خاصة . تلك البطاقة التى تلصق على السلع وتعلن عاليا عن خواصها ، وتحتوى على تعليمات حول استعمالها . واعلنت البطاقة الكيميائية على الذرات عن عدم تغيرها ، وعدم انشطارها كخاصية اساسية لها .

ولقد حدد حكم الكيميائيين القاطع فى ذلك الزمان العلاقة السلبية كذلك للذرات . وفعلا ، بما انها لا تنشطر فلم اضاعة الوقت سدى فى محاولة ادراك تكوينها ؟

كتب نيوتن يقول : «يتراءى لى ان الله ، ومنذ البداية ، قد خلق المادة على شكل جسيمات صلبة لاتخترق ، متحركة ، وانه اعطى لهذه الجسيمات ابعادا ، وشكلا ، وخواص اخرى ، وكونها بالكميات النسبية ، اللازمة له من اجل الهدف الذى خلقها من اجله» .

وكانت كل البراهين المجمعة حتى ذلك الوقت تلخص فى شىء واحد فقط هو تعذر التأثير الكيميائى على الذرات .

ولماذا التأثير الكيميائي وحده ؟ واين كان الفيزيائيون ؟ فى ذلك الوقت لم يهتم الفيزيائيون بعلم الذرة . هذا لا بسبب ان علم الذرة لم يستحق اهتمامهم . وانما السبب البسيط والطبيعي هو ان الفيزيائيين كانوا فى ذلك الوقت عزلا تقريبا . وكانوا ينظرون الى الذرات نظرة الكيميائيين واثقين عن طيبة قلب ، بكل ما يقولون .

كان الفيزيائيون عزلا تقريبا ولكن هاهم يعثرون فى ترسانتهم الفقيرة على جهاز ...

الغريب المعروف

لقد ساعد الحظ الفيزيائيين . اذ كانوا فى غنى عن اختراع وأخذ براءة اختراع جهاز جديد . كما كانوا فى غنى عن بناء جهاز بالغ التعقيد وغالى الثمن مثل المعجل الحديث . لقد اتضح ان كل شيء ابسط من ذلك بكثير .

فالانبوبة الزجاجية الهشة بطول بضع عشرات السنتيمترات والملحوم بها الكترودات قد خدمت باخلاص اكثر من جيل واحد من الفيزيائيين . وبواسطتها درس التفريغ الكهربائى فى الغازات ذات الضغط المنخفض .

لقد كانت هذه هى انبوبة التفريغ ـ اشهر جهاز فى القرن التاسع عشر . ولقد اصبحت هى بالذات تلك الاداة التى عزف عليها اول الحان الفيزياء الذرية والنووية .

وبهدوء ، وبدون تسرع درس الفيزيائيون التفريغ الكهربى فى الغازات . وبهدوء وبدون تسرع ايضا كانوا يسجلون فى الكراسات الحقائق والارقام التى تميز هذه الظاهرة العادية جدا بالنسبة لهم .

لو انهم كانوا يعلمون ! ولكن لم يحدس احد انه لا توجد فى الانبوبة تلك المادة التى نقابلها دائما فى الحياة العادية ، وانما تظهر فيها تحت تأثير فرق الجهد الموصل اليها مادة فى حالة جديدة غير معروفة لعلماء العالم ، المادة المحللة الى جسيمات مشحونة سالبة وموجبة ، مادة فى حالة جديدة رابعة .

لقد وجدت فى انبوبة التفريغ العادية ، والمعروفة جيدا للجميع — البلازما . تلك البلازما التى لا يمكن تصور الفيزياء بدونها اليوم .

ولكن مسالك العلم غريبة الشأن — وهذا امر يعرفه الجميع الآن . سبق فى منتصف القرن الماضى ان اكتشف الفيزيائى والكيميائى الانجليزى وليم كروكس انه يتدفق فى انبوبة التفريغ من المهبط الى المصعد دفق من الجسيمات ذات الشحنة السالبة . ولقد تلقى الفيزيائيون هذا النبأ بغير اكتراث . ولكن كروكس توصل من ذلك الى استنتاج غير عادى .

كتب يقول « بدا الأمر كما لو كنا قد امسكنا بالجسيمات غير القابلة للانشطار ، والتى امتثلت لتحكمنا ، والتى يمكن عن حق ان نعتبرها الاساس الفيزيائى للكون » . لقد لزم العلم ثلاثين عاما

كاملة للتأكد من انه تحت تأثير فرق الجهد فى انبوبة التفريغ يجرى تدفق كسر الذرات « غير القابلة للانشطار » .

ولقد بدأ الاستاذ فى مختبر كافيندش، جوزيف جون تومسون، والذى كان يسميه الاصدقاء ببساطة « ج . ج . » ، فى دراسة تفصيلية لاشعة الكاثود .

وكانت البداية هى رغبة الفيزيائى الطبيعية فى معرفة طبيعة الجسيمات المجهولة التى ظهرت فى الانبوبة . ووضع العالم التجريبى العظيم ج . ج . تومسون سلسلة من التجارب الدقيقة والظريفة . واظهر ان اشعة الكاثود هى تدفق الالكترونات — حاملة الشحنات الاحادية السالبة ، وبعد ذلك قاس علاقة الشحنة بالكتلة، واخيرا كتلة الالكترون .

وأراد ج . ج . تومسون ان يبين فى سلسلة تجارب اخرى : هل تتعلق خواص الالكترونات بنوع الغاز الذى يوجد فى انبوبة التفريغ ؟

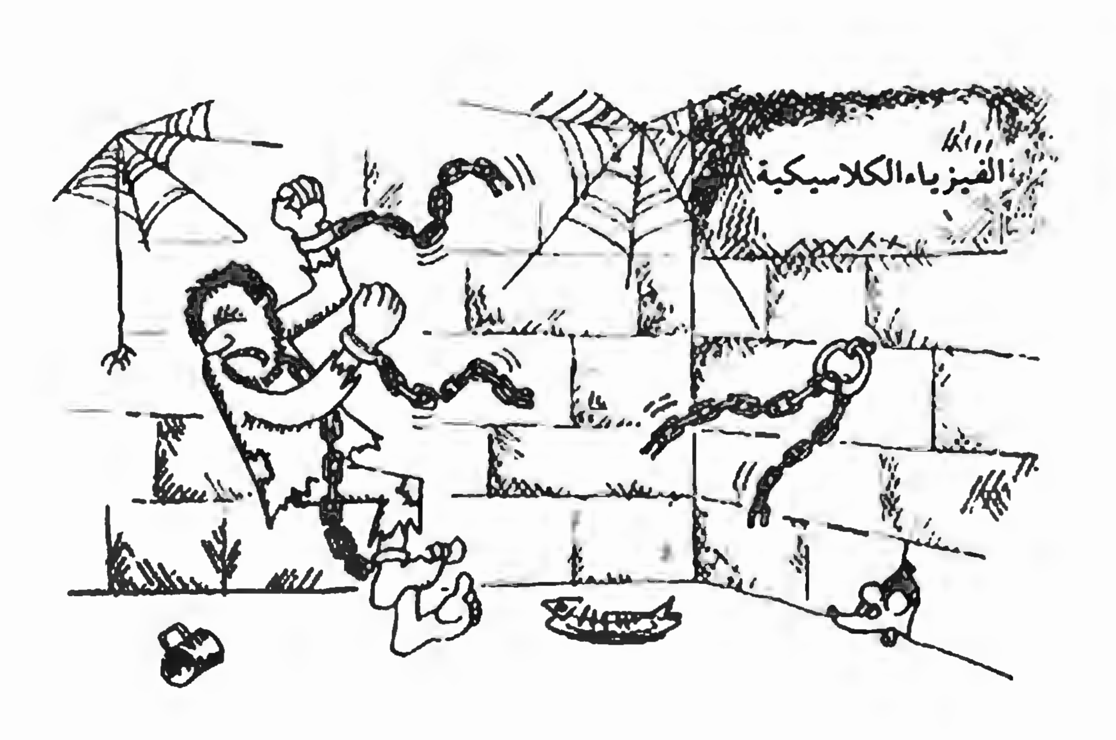
وكان الجواب مفاجأة للعالم . اذ اتضح ان كل الالكترونات متماثلة تماما . وهذا يعنى انه بجانب الذرات توجد جسيمات اخرى متناهية فى الصغر ؟ وهذا يعنى ان هذه الجسيمات تدخل فى تكوين كل ذرات العناصر جميعا ؟ وان الذرات التى لا تتجزأ ابدا ليست بهذه البساطة ؟

كان تومسون الهادئ والمتزن بتكوينه العقلى ، وبطبعه ، كان

آخر من يناسب دور المبدع فى العلم . اذ لم يكن يتمتع بروح النشاط والاندفاع اللازمة لمن يطيح بالاسس والقواعد بل وفوق ذلك ، لم تكن لديه اية رغبة فى اسقاط هذه الاسس .

ان التجديد من نصيب الشباب . اما استاذ مختبر كافينديش البالغ من العمر اربعين عاما فقد كان يتصف اول ما يتصف بالثبات فى المواقف الحياتية المكتسبة والمستقرة . لقد تربى تومسون وفق احسن تقاليد الفيزياء الكلاسيكية ، ولم يشك قط فى شمولها وقدرتها المطلقة .

وها هو كل شيء ينهار . فما العمل ؟ هل يستمر فى عبادة بطاقة علم الذرة الكيميائى ؟ ام يعترف بوجود بعض الجسيمات الاخرى الاكثر اولية من الذرة «غير القابلة للانشطار» نفسها ؟



ولحسن حظ تومسون انتهت المعركة لديه ما بين الشخصين ، المجدد والمحافظ ، بانتصار المجدد . وانتصر فيه الفيزيائى — التجريبى الذى تكون عنده الحقائق واقعية جدا ان لم تكن حتى الشيء الوحيد الواقعى على الارض ، انتصر على الانسان المقيد من يديه وقدميه بقوانين الفيزياء الكلاسيكية ، الحديثة بالنسبة له .

وهكذا تم اجتياز المانع الذرى . واتضح ان اللبنات الابسط فى صرح العالم مكونة على اقل تقدير من الالكترونات .

وقبل انتهاء القرن التاسع عشر بثلاث سنوات تغير فى العلم قائده . فتنحت الكيمياء لتترك مكانا للفيزياء لتبدأ قرنا جديدا . وان حقيقة اكتشاف اول جسيم اولى — الالكترون ، اى اكتشاف شكل جديد للمادة، من الصعب قياسه باى شيء آخر . وبانهيار اسطورة عدم انقسام الذرة انهار نظام فلسفى كامل ، وتغيرت العقيدة القديمة التى وضعتها وشكلتها اجيال كثيرة من العلماء .

وبتخطى « الحد الذرى » فقد الفيزيائيون دعم ميكانيكا نيوتن الكلاسيكية .لقد فقدوا القاعدة التى كان يقف عليها صرح علمهم قرونا .

ولم يكن هناك بعد ، ثمة نظرية جديدة تصف الظواهر الذرية التى اكتشفت توا . وكان يلزم انتظار ميلاد ميكانيكا الكم عدة عشرات اخرى من السنين . فظلت الفيزياء معلقة فى الهواء ، وهو وضع غير مريح للعلم .

متنافسان

لم يوضح اكتشاف الالكترون الذى نال عليه تومسون جائزة نوبل السؤال الرئيسى . وظل السؤال المحير — كيف تكونت الذرة ؟ بدون جواب . ولكن دعنا نكون منصفين تجاه زمان اجدادنا . ذلك لانه فى نهاية القرن الماضى حصل الفيزيائيون اخيرا على الاداة التى امكن بواسطتها فى قرننا هذا التغلغل الى اعماق الذرة .

ولقد بدأ كل شيء فى جامعة نيوزيلانده حيث كان يجلس على مقعد الدراسة اب الفيزياء النووية فى المستقبل ايرنست رذرفورد. لقد تجاسر هذا الطالب على الشك فى النظرات السائدة فى الكيمياء عن الذرة . ولتأكيد ذلك اسمى اول عمل علمى له « تطور العناصر » .

وبانهاء الجامعة فى عام ١٨٩٤ ، سافر رذرفورد الى انجلترا فى دورة تدريبية . ولقد ساعده الحظ فى ان يجد نفسه فى مختبر كافيندش عند تومسون .

وحدث فى ذلك الوقت ما لم يستطع مؤلف « تطور العناصر » الا يعيره اهتماما شديدا . ففى عام ١٨٩٦ اكتشف انطوان هنرى ممثل طائفة كبيرة للفيزيائيين الفرنسيين بيكاريل ، الفاعلية الاشعاعية اى ، بعبارة اخرى ، اكتشف ظاهرة التفتت التلقائى للذرات . ونسف هذا نهائيا مكانة الذرات كجسيمات اولية للمادة وغير قابلة للانقسام .

وعكف رذرفورد مع تومسون على دراسة طبيعة الاشعاع الذى اكتشف حديثا . وسرعان ما عثر على احدى الخصائص التى تبشر بالكثير . وامكن لرذرفورد ان يثبت ان الاشعاع الذرى غير متجانس ويتكون على أقل الفروض من مكونتين . من جسيمات بيتا الخفيفة والتى يمكن فيها بسهولة التعرف على الالكترونات التومسونية ، وجسيمات الفا الثقيلة ذات الشحنة الموجبة .

الا ان ايام التعاون الذهبية مع تومسون انتهت بسرعة . وانتقل رذرفورد للعمل فى كندا اولا ثم فى مانشستر . ولكنه لم يترك مختبر كافيندش خالى اليدين . فقد كان فى جيبه ، بتعبير مجازى ، مسدس محشو . وبما ان المسدس قد وجد فلابد وان يطلق نارا . لا بد — ان اجلا او عاجلا .

ولقد اطلق مسدس رذرفورد النار متأخرا . بعد ان تجاوز الاربعين من العمر ، وكان استاذا محترما فى جامعة مانشستر ، ومتخصصا مشهورا فى الفاعلية الاشعاعية وحائزا على جائزة نوبل .

لقد اطلق رذرفورد جسيمات ألفا الثقيلة على الذرات . ووضع ما بين منبع جسيمات ألفا وبين رقيقة التصوير أغشية رقيقة من مواد مختلفة . وعند ذلك كانت البقعة السوداء المتكونة على رقيقة التصوير — أثر سقوط جسيمات ألفا عليها — ذات حواف مشوهة . فقد غيرت ذرات الاغشية من اتجاه طيران جسيمات ألفا قليلا .

واطلق رذرفورد جسيمات ألفا على الذرات . ولكن قذائف ألفا لم تكن لتصيب الهدف، فقد كان عليها ان تسبره .

وكانت الطلقات الاولى غير موفقة . فقد مرت جسيمات ألفا السريعة خلال الاغشية الشديدة الرقة دون ان تنحرف تقريبا عن المسار المستقيم . واوضحت النتيجة ان العجوز تومسون كان محقا عندما اقر ان الذرة هي كرة ذات شحنة موجبة مملوءة بالالكترونات .

ولكن شيئا ما لم يرض رذرفورد في النموذج الذرى لتومسون . فدفعه هذا الاحساس الى الاستمرار في العمل الذى بدأه .

كلف رذرفورد تلميذه مارسدين باطلاق جسيمات ألفا . ونصحه قائلا : « انني لا اتوقع اى شيء مثير من تجاربك ولكن على اى حال لا تترك المراقبة » .

« لا تترك المراقبة» التعبير المميز الاول لرذرفورد ! وهو مفعم بالتفاؤل . « لا تترك المراقبة وقد يظهر شيء جديد ما » . لقد كان العلم لدى رذرفورد شجرة تنمو باستمرار وكان يجب على البستاني نفسه ان يشكلها ، وان يكون مستعدا دائما لتقليم الاغصان والفروع اليابسة لكى يعطى البراعم الجديدة فرصة الظهور .

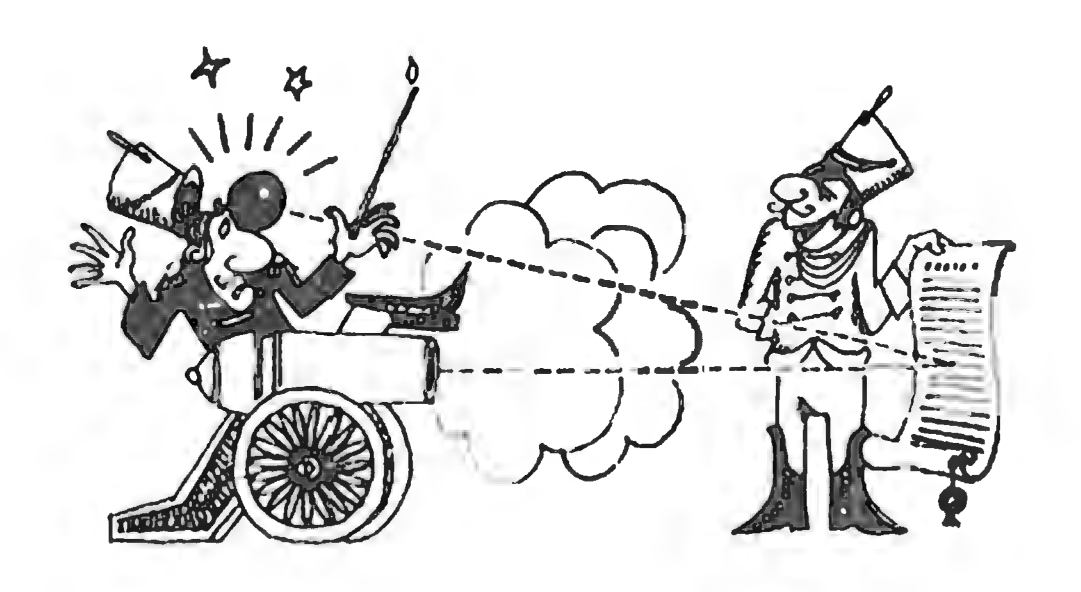
ولقد ظهرت البراعم الجديدة بسرعة كبيرة . فأكتشف مارسدين ان بعض جسيمات ألفا تنحرف عند تغلغلها في الطبقة الرقيقة للمادة بمقدار ٩٠ درجة ، وفي بعض الاحيان بمقدار ١٨٠ درجة !

وقد كتب رذرفورد نفسه بعد ذلك : « ان هذه الحادثة بدت

على درجة من الاحتمال تقارب احتمال ان تطلق قذيفة عيارها ١٥ بوصة على قطعة ورق سجائر فترتد هذه القذيفة وتصيبك » . فما الذى حدث ؟

لقد ظهرت الاجابة بنفسها : اصطدمت جسيمات ألفا بجسم ضخم مشحون ، اكثر ثقلا من الالكترون او من جسيم ألفا نفسه . ولقد أتى اول المستطلعين الذين قذف بهم الى اعماق المادة بخبر لم يسمع به قط — ففى مركز الذرة شبه الخالية « تربض » النواة . وكانت ذات شحنة موجبة . واصغر من الذرة نفسها بمائة الف مرة . وخلف حاجزها الكهربى القوى كما لو كان خلف جدران قلعة عالية ، اخفيت كنوز الذرة بأمان . ولكن ايها ؟ قد توجد هناك جسيمات مجهولة ذات شحنة كهربية موجبة ؟

ان الفيزيائيين اناس سريعو الولع . فهم اذا أكتشفوا شيئا جديدا انقضوا عليه فورا .



النواة الذرية ! تركز عليها وحدها الآن كل اهتمام رذرفورد .
كيف يمكن الاقتراب اكثر من النواة ، واجتياز حاجزها الكهربائى ؟
ان فعل ذلك سهل جدا اليوم ـ يكفى ان يكسب البروتون طاقة مقدارها ميجا الكترون ـ فولت واحد فقط .

ولكن لم يكن لدى رذرفورد معجل !

فكر رذرفورد ، وفكر من يعمل معه ، وفكر تلامذته . وكان اول من وجد مخرجا هو حفيد شارلز داروين العظيم والذى كان يعمل فى تلك الايام عند رذرفورد . فاقترح الابتداء من نوى أخف العناصر ـ لان لديها شحنة أقل ، وبالتالى فحمايتها أضعف .

ان أخف عنصر فى الكون هو الايدروجين ، ولذلك ملأوا مستودعا خاصا بالايدروجين وبدأو باطلاق جسيمات ألفا عليه . وقد قام بالتجارب مارسدين المذكور نفسه .

ولكن ماذا يعنى ـ قام ؟ انه يوجد الآن تحت تصرف الفيزيائيين أجهزة التسجيل المختلفة وهى تفعل كل شىء : تكتشف وتحفظ وتكتب وتصور على شكل منحنيات وتقوم حتى بتنظيم نتائج التجربة .

ولكن الامر فى ذلك الزمان لم يكن كذلك . فقد كان مارسدين يجلس ساعات كاملة امام المستودع . وكانت تلمع على الشاشة نجوم مضيئة واحدة تلو الاخرى . ولم تكن هذه جسيمات ألفا ـ فلم يكن بمستطاعها ان تطير حتى الشاشة ، وهذا يعنى انها كانت

تعطى طاقتها فى المستودع لنوى الايدروجين الخفيفة التى كان وميضها يظهر على الشاشة .

بعد ذلك كان مارسدين يسحب الايدروجين من المستودع وللمراجعة يملأه بالازوت . ولكن الومضات كانت تظهر ثانية : ما هذا ، هل هو خطأ ؟ من اين تظهر نوى الايدروجين فى المستودع المملوء بالازوت ؟ قد يكون المستودع لم ينظف جيدا ؟ ام ؟ .. المراجعة ، لابد من المراجعة .

وعطلت الحرب العالمية الاولى كل الخطط . وخلا المختبر فى عدة ايام . وحارب مارسدين فى الجيش الانجليزى وحارب ضده فى الجيش الالمانى صديقه وأحد مساعدى رذرفورد المقربين هانس جيجر . وقتل فى الجبهة تلميذ رذرفورد المحبوب - هنرى موزلى .

اما رذرفورد فقد ترك أبحاثه العلمية وانشغل مع بعض امناء المختبر فى صنع جهاز للكشف عن الغواصات .

ولكنه كان يعود دائما بفكره الى النتائج غير العادية التى توصل اليها مارسدين قبل الحرب مباشرة . وماذا لو كان المستودع بالفعل نظيفا ؟ ماذا لو ان مارسدين كان يعد على الشاشة شيئا آخر غير نوى ذرات الايدروجين ؟ فما هى اذن ؟

وأخذ رذرفورد وهو مبتهج بهذه الفكرة وخائف منها فى آن واحد ، يراجع ليلا تجارب تلميذه . وراح يضخ المستودع مرات عديدة

حتى بدا انه لا يمكن ان تتبقى فيه ذرة ايدروجين واحدة ، ولكن ما كاد رذرفورد يملأ المستودع بالازوت حتى ظهرت الومضات مرة اخرى على الشاشة .

ما كان احوجه فى هذه الدقائق الى اصدقائه الاوربيين ، وكم أفسدت الحرب خططه ! انها لم تفرق العلماء فحسب بل اوقفت العلم نفسه .

فكتب رذرفورد الى صديقه الفيزيائى الدانمركى نيلس بور ، فى نهاية عام ١٩١٦ : « أننى اكتشف واعد ذرات خفيفة تتحرك بفعل جسيمات ألفا وهذه النتائج تلقى ضوءا ساطعا على طابع وتوزيع القوى بالقرب من النواة . اننى احاول بهذه الطريقة تحطيم الذرة » .

ويلى ذلك الاهم : « لقد حصلت ، كما يبدو لى ، على بعض النتائج العجيبة ولكن يلزم عمل شاق ومستمر لتقديم اثباتات موثوق بها على استنتاجاتى » .

ما هى « بعض » النتائج تلك ؟ انها ليست غير اول تفاعل نووى فى العالم ! اول انشطار اصطناعى لنواة الازوت بواسطة جسيم ألفا والمصحوب بانطلاق نواة ذرة الايدروجين الاخف .

صار الباحث يملأ المستودع مرة بالازوت ومرة بالهواء ومرة اخرى بالاوكسجين الخالص بالتناوب . وفى كل الحالات الاولى والثانية والثالثة كانت الشاشة تظهر وجود نوى الايدروجين . ولكن قائمة العناصر المدروسة انقطعت بسرعة جدا ، فان النوى الاثقل لم تكن فى متناول جسيمات ألفا ذات الطاقة الصغيرة .

ولكن كان يكفى رذرفورد النتائج التى حصل عليها . فقد اصبح لا يشك فى انه قد وجد ذلك الجزء ذا الشحنة الموجبة والذى يدخل فى تركيب كل النوى الذرية .

ولقد أكد هذا الاستنتاج ايضا العلماء الذين كانوا يبحثون كذلك عن أخف جسيم ذى شحنة موجبة فى أنبوبة التفريغ . فهناك وفى الاتجاه المعاكس — من المصعد الى المهبط — كان يتحرك دفق من أيونات الغاز اى كانت تتحرك ذرات منزوعة منها الكترونات ، واتضح ان اخف جسيم منها هو نواة ذرة الايدروجين التى فقدت الكترونها الوحيد .

هكذا « ولد » فى العالم الجسيم الاولى الثانى — البروتون — وهو نواة ذرة الايدروجين .

والبروتون أثقل من الالكترون بألفى مرة . ولقد وافق تماما تصور العلماء عن حامل الشحنة الموجبة الممكن فى الذرة ، والمقترن اقترانا رائعا بالكتلة الضخمة لنواة الذرة .

ولم يصاحب الاكتشاف صراع مع قوانين العلم ولا اجتياز الحاجز السيكولوجى . ويمكن القول ان الالكترون قد أخذ على عاتقه كل ضجة وكل دماء المعارك العلمية .

وهكذا صار امام الفيزيائيين لبنتان من « اللبنات » الاساسية للمادة . وكان يبدو ان الفيزيائيين راضون بذلك تماما . فان أية

مادة بنيت لديهم من الذرات ، اما الذرات فبنيت ، بدورها ، من الالكترونات والنوى .

ولكن هنا ايضا انكشفت ثغرة منطقية . فنواة الذرة بلا جدال مستقرة ، ولكن كيف يمكن تصور نواة مستقرة متكونة من البروتونات وحدها ؟ فلا يمكن حقا ان نلغي بارادتنا التنافر الكهربى ما بين الجسيمات التى تكون شحناتها ذات اشارة واحدة !

ولم يكن العلماء فى تلك السنوات يعرفون شيئا عن قوى التجاذب النووية بين الجسيمات . ولذلك فقد وجدوا المخرج فى التركيب الاصطناعى التأملى الصرف ، فحكموا بان النواة تحتوى على بروتونات بالاضافة الى الكترونات توازن القوى الكهروستاتيكية .

يا لها من صورة بسيطة ولطيفة المنظر فى الوقت نفسه ! لا يمكننا الا ان نحلم بمثل هذا التكوين للعالم : فلا هرج ولا مرج من عشرات الذرات « الدقيقة وغير القابلة للانقسام » . وبدلا منها نأخذ جسيمين أوليين فقط هما : الالكترون الخفيف والبروتون الثقيل .

حضور الثالث لا يفسد اللعبة

وجدت قطعة صغيرة من مادة مشعة مطروحة بجانب رقيقة من البيرليوم . وتسللت جسيمات ألفا خلال البيرليوم طاردة البروتونات . وأخذ عداد جيجر ، الذى حل محل عين الباحث التجريبى التى

تتعب بسهولة وتخطأ بسهولة ، يطقطق حاسبا عدد الجسيمات المتطايرة من الرقيقة .

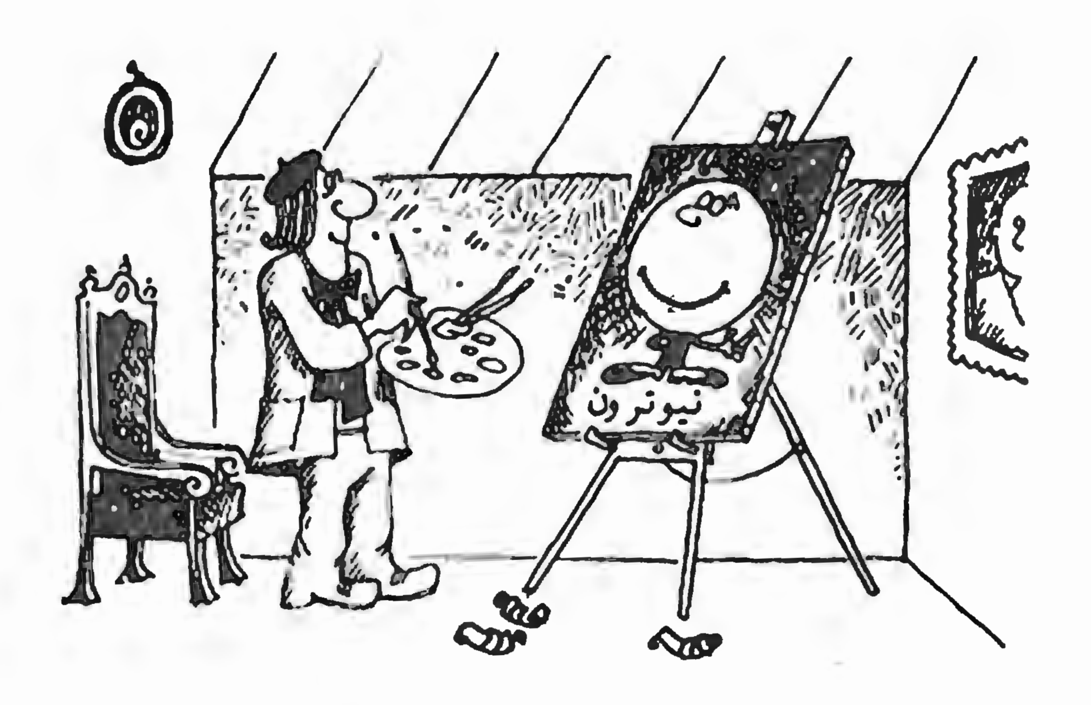
كان يوم عمل عادى فى أحد مختبرات الفيزياء فى المانيا ، وفى بداية الثلاثينيات مباشرة . وكان الاستاذ والتر بوتيه وصديقه بيكر ينظمان هنا تسجيلاتهما .

وعندما انتهى عدّ البروتونات نحى عداد جيجر جانبا بحيث لا تصل اليه البروتونات المنطلقة من البيرليوم . ولتحديد عدد الحسابات الخلفية وصلوا تيار الضغط العالى مرة ثانية .

ولكن عداد جيجر استمر فى العمل . وازاحوه الى مسافة أبعد . وظل العداد يعمل وانقلب التعجب الى حيرة . ما الذى امكن ان يسجله العداد على مثل هذا البعد الكبير ؟

قد تكون هذه كمات جاما وهى اشعاع كهرومغناطيسى ينفذ بقوة اكبر من البروتونات ؟ ويوجد حاجز مدهش ضد كمات جاما ـ انه رقيقة من الرصاص . ولكن الرقيقة الرصاصية ايضا لم تساعد : فقد استمرت الطقطقة تتوالى بنفس الايقاع . وبدت الرقائق الثانية والثالثة أيضا عاجزة عن فعل اى شىء .

وظلت تصل الى عداد جيجر موجة اشعاع ما غير عادى لم تكن طبقة الرصاص السميكة بالنسبة له أقوى من ورقة سجائر . ولكن بوتيه وبيكر لم يستطيعا القيام بخطوة حاسمة وان يهتفا : « ان هذه جسيمات جديدة غير معروفة لنا ايها السادة » وقد انطلقت



من نوى البيرليوم ! » وبصمت كتب الاستاذان بوتيه وبيكر فى سجل التجارب « لوحظت كمات جاما عادية ذات طاقة كبيرة » .

وفى فرنسا اهتم الزوجان ايرين وفريدريك جوليو - كورى باشعاع البيرليوم ، ولكن الفيزيائيين الفرنسيين لم يفعلا سوى تكرار استنتاج زميليهما الالمانيين . « اشعة جاما تتغلغل بصورة خارقة للعادة » - هذا هو الاستنتاج الذى توصل اليه الزوجان جوليو - كورى . وقد توصلا اليه على الرغم من ان هذا الاستنتاج اخل بالقانون الاساسى للميكانيكا - قانون حفظ النبضة .

ولقد ساعد ج . تشيدويك تلميذ رذرفورد وعضو الجمعية الملكية بلندن والحائز على جائزة نوبل فى المستقبل على تحديد « شخصية » الجسيم التى منيت بالفشل مرتين .

وفى فبراير عام ١٩٣٢ ، وبمرور شهر بعد اعلان الزوجين جوليو - كورى عن وجود « اشعة جاما التى تتغلغل بصورة خارقة للعادة » ظهرت فى المجلة العلمية الانجليزية « الطبيعة » رسالة قصيرة وردت الى هيئة تحريرها بتوقيع ج . تشيلدويك .

وقال المرسل : « من الصعب جدا ايضاح هذه النتائج المعملية على اساس فرضية ان اشعاع البيرليوم يمثل اشعاعا كهرومغناطيسيا ولكنها تنبع مباشرة من افتراض ان الاشعاع يتكون من جسيمات لها كتلة مساوية لكتلة البروتون ولكنها لا تحمل شحنة » .

وهكذا اعطى ج . تشيدويك « صورة » تكاد تكون دقيقة للجسيم الاولى المتعادل - النيوترون . ولم يكن للنيوترون شحنة كهربية ولذلك بدا مستعصيا الامساك به على هذا النحو .

ان هذا الجسيم الثقيل المتعادل - النيوترون - أعجب الفيزيائيين جدا . فقد الغى بظهوره السؤال المحير عن استقرار النواة . وبظهور النيوترونات التى يمكنها بشكل مضمون ان تقاوم قوى التنافر الكهروستاتيكية طردت الالكترونات من النواة الى الابد .

وهكذا اكتملت قائمة الجسيمات الاولية الذرية ، وتكونت نوى ذرات اى عنصر من العناصر الكيميائية من البروتونات والنيوترونات الثقيلة (اصبحوا يسمونها بالنيوكلونات) اما الغلاف الالكترونى فقد كان نموذجا لسلوكها الكيميائى .

دور جديد

عندما يجمع الطفل صورة مركبة من كرات عديدة الالوان فانه بضعها فى تجويفات خاصة . ويثبت الرسام ، الذى يصنع لوحة موزاييك (فسيفساء) ، اجزاءها المختلفة بالاسمنت .

والفيزيائى ايضا يصنع صورة العالم بترتيب الذرات ونوى الذرات ، من الارتباطات المختلفة للجسيمات الاولية . ولكن أية صورة يمكن ان تعتبر منتهية اذا كانت مكوناتها المختلفة غير مثبتة بشىء ؟ اين الاسمنت ، او اين ذلك الصمغ الذى يثبت البروتونات والنيوترونات فى النوى ؟ ما هى القوى التى تثبتها معا ؟

ربما هى قوى الجاذبية المعروفة جيدا لدينا ؟ لا ، فان قوى التجاذب المتبادل لا تستطيع ان تحافظ على البروتونات والنيوترونات فى النوى فكتلتاهما صغيرتان جدا . ولا تصلح القوى الكهرومغناطيسية أيضا لهذا الدور : اذن لتفرقت فى هذه الحالة ، البروتونات المشحونة بنفس الشحنة فى جميع الاتجاهات . فما الذى كان يثبت النيوترونات فى هذه الحالة ؟

سعى رذرفورد بعد اكتشاف نواة الذرة الى التغلغل فى اسرار القوى التى تؤثر داخل هذا الشىء الدقيق الذى اكتشفه . فأخذ يراقب بانتباه « لقاء » جسيمات ألفا مع النواة . وفكر رذرفورد : « بما ان هذه القوى لم تكتشف سابقا فهذا يعنى انها تظهر على المسافات

القصيرة فقط . ولكن الى اى قرب يمكن الاحساس بتأثيرها ؟ » .

وتوالت التجارب . ومرت السنوات ولكن لم يتم التوصل الى اجابة ذات مدلول واحد . ولم تتسن ملاحظة اى شيء غير عادى حتى عند اقتراب المستكشفات من النوى الثقيلة الى مسافة حتى 10^{-12} سنتيمتر . لوحظ فقط التنافر الكهروستاتيكى المألوف . وهو تماما كالذى يلاحظ لدى الكرات ذات الشحنات المتماثلة عند توضيح قانون كولون فى المدرسة .

وفجأة ، حلت فرحة كبرى ! فقد حظيت جسيمات ألفا التى كانت على مسافة أقرب بعشر مرات (تساوى 10^{-13} سنتيمتر) من نوى الايدروجين ، باستقبال غير عادى من البروتونات . ولم يكن هذا هو التأثير المتبادل الكهروستتيكى . لقد حدث بصورة اخرى تماما . فالفراغ على بعد 10^{-13} سنتيمتر يوجد تحت رقابة القوى النووية .

وخلال عام ١٩٢٤ المشهور تسنى لرذرفورد ولمن يعمل معه تحطيم نوى كل العناصر الخفيفة تقريبا . ولاحظ العلماء فى كل الحالات وباستمرار ظهور البروتونات بطاقة اكبر بكثير من تلك التى اكسبتها لها جسيمات ألفا .

ولكن لماذا بطاقة اكبر ؟ اترى ، يختل قانون المحافظة على الطاقة عند ذلك ؟

لا شيء من هذا القبيل . كان ذلك بكل بساطة نتيجة تأثير القوى النووية . فقد حصلت البروتونات على نبضة (دفعة) اضافية على حساب المخزونات الطاقية الداخلية للنواة . على حساب تلك الطاقة النووية ذاتها التي نستخدمها اليوم في المحطات الكهربية الذرية .

وهكذا اكتشف « الاسمنت » الذي تصنع الطبيعة بواسطته موزاييك المواد المختلفة .

ان القوى النووية اشد كثافة بالف مرة من القوى الكهرومغناطيسية . فهي تثبت بنفس السهولة معا بروتونا واحدا مع نيوترون واحد في نواة النظير المشع للايدروجين وهو الديتريوم ، ومئات البروتونات ، ومئات النيوترونات في النوى الثقيلة المماثلة لنوى اليورانيوم .

وهكذا اكتشف الفيزيائيون قوى جديدة في الطبيعة وابتكروا تسمية لها . الا ان هذا لا يعني اطلاقا ان العلماء فهموا في الحال ماهيتها ، وانهم استوضحوا كل بواطنها فورا . لقد اسموا القوى المكتشفة بال« نووية » ، ولكن هل يمكن ان نحدس باسم العائلة ، لقب ايفانوف مثلا ، جوهر هذا الانسان ؟

غير انك حين تصادف ايفانوف غير المعروف لديك ، تكون على اقل تقدير على يقين راسخ من ان هذا انسان . اما الاساس الفيزيائي للقوى النووية فغير معروف حتى الآن . ولقد انفق على مشكلة القوى النووية منذ ايام رذرفورد « من الانسان — ساعة

اكثر مما انفق على اية مسألة علمية اخرى فى تاريخ البشرية ، و امكن للعلماء تحديد كثير من صفاتها ولكنه لا توجد حتى الآن نظرية دقيقة للقوى النووية .

ولا يزال الفيزيائيون غير قادرين على التعبير عن هذا الانجذاب القوى بصورة غير عادية ما بين البروتونات والنيوترونات فى صورة رياضية دقيقة . ان الرياضيات القادرة على كل شىء عاجزة فى هذه الحالة .

ولكن الا يمكن ولو تصور ميكانيزم عمل القوى النووية ؟ ولكن كيف تمكن محاولة وصف ظاهرة جديدة فى عالم الجسيمات الدقيقة فى الوقت الذى لا توجد فيه نظرية ولا نتائج معملية ؟

كثيرا ما يلجأ الفيزيائيون عند دراسة عالم الاجسام الكبيرة الى المماثلة . ولكن هل يمكن استخدام هذه الطريقة فى العمليات النووية ؟

فالمماثلة تستند الى مبدأ الوحدة المادية للعالم ، ومهما كانت الجسيمات الاولية عجيبة فانها كلها مادية بطبيعتها ، فهى كلها تتمتع بخواص اجسام عالم الاجسام الكبيرة مثل الحركة ، الطاقة .. الخ .

واستنادا الى اسلوب المماثلة ، افترض الأكاديمى أ . تام والاستاذ د . ايفانينكو منذ عام ١٩٣٤ ان التأثير النووى المتبادل ينتقل ، فيما يبدو ، بواسطة الالكترون والنيوترينو ، اللذين يشعان عند

التفتت — بيتا للنواة . ويؤثر كل منهما على الآخر بنفس الصورة تقريبا مثل الاجسام المشحونة مع تبادل جسيمات الاشعاع الكهرومغناطيسي اى الفوتونات .

وتلقف هذه الفكرة هيديكي يوكاوا الاستاذ في جامعة اوساكا ، والعالم النظرى البالغ من العمر ثمانية وعشرين عاما وخطا خطوة جديدة وجريئة للغاية . وبعد عام حدد دورا جديدا للجسيم الاولى الذى لم يكن قد اكتشف بعد والذى يقوم بنقل القوى النووية . واقترح هذا العالم النظرى اليابانى على العلماء التجريبيين ان يبحثوا عن هذا الجسيم فى الاشعاعات الكونية بعد ان وصف باسهاب الخواص التى يجب ان يتمتع بها هذا الجسيم المرشح لهذا المكان الشاغر .

وكان الفيزيائيون حتى الآن يكتشفون فى البدء الجسيم الاولى الجديد ثم يجدون له مكانا فى الصورة العامة لبناء المادة . اما الآن ، ولاول مرة ، بدأ العلماء التجريبيون العمل ولديهم مهمة دقيقة حددها العلماء النظريون لهم .

وكان العلماء فى ذلك الوقت مهتمين جدا بالاشعاع الكونى الذى يظهر فى طبقات الجو العليا للارض . وكانوا يدرسون ميكانيزم التأثير المتبادل للاشعة الكونية مع مادة الجو محاولين قياس طاقتها بواسطة غرفة ويلسون .

وغرفة ويلسون جهاز طريف وبسيط ومفيد . وفيها يبرد البخار فوق المشبع ويتقطر على هيئة قطرات ضباب على الايونات التى

يتركها وراءه جسيم مشحون يطير خلال الغرفة . ولقد انتشر هذا الجهاز الذى صنعه ويلسون فى عام ١٩١١ انتشارا كبيرا واصبح « محكمة النقض العليا فى الفيزياء » . وفعلا ، ففى الماضى كان يمكن متابعة سلوك الجسيمات ذات الكتلة الكبيرة فقط . ولكن غرفة ويلسون اتاحت جعل آثار سكان عالم الجسيمات الصغيرة مرئية وكذلك تصويرها .

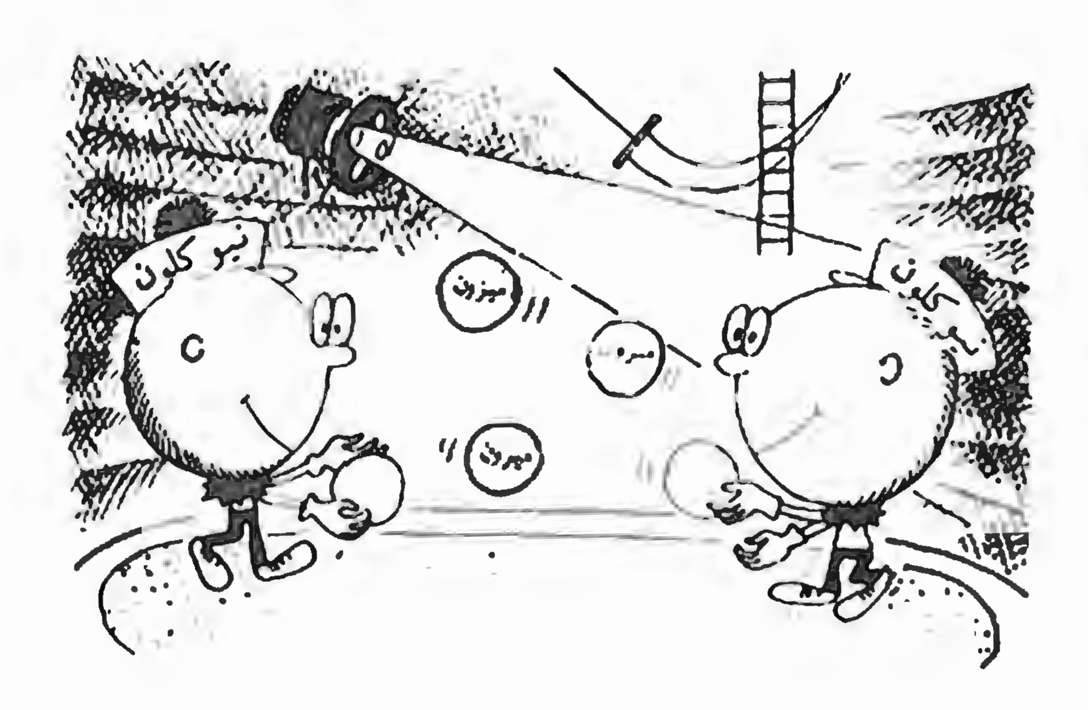
و « طرح » العلماء التجريبيون « شبكتهم » — غرفة ويلسون — على الاشعة الكونية و « انتشلوا » بعد عام جسيما غير معروف . وكان هذا الجسيم شبيها جدا بذلك الذى كتب عنه يوكاوا . وكانت له فعلا كتلة متوسطة ما بين كتلة البروتون والالكترون . ولذلك اسموه بالميزون من الكلمة الاغريقية « ميزوس » التى تعنى المتوسط .



وابتهج الفيزيائيون ، ولكن فرحتهم لم تستمر طويلا . فقد درسوا الجسيم الجديد بعناية اكبر وتأوهوا من العجب . اتضح ان ميو ـ ميزون ، هكذا اصبحوا يسمون الجسيم الجديد ، جسيم عالى الانفاذية من الاشعاع الكونى . وكان يختلط مع النيوكلونات بلا رغبة . فلم يكن نظرا لذلك يصلح لدور جسيم يوكاوا . هكذا يحدث احيانا فى الفيزياء ، مثلما يحدث فى الحياة . تبحث عن شيء فتجد شيئا آخر . ولكن لم توجد هذه الميو ـ ميزونات ؟ وما هو « اختصاصها » ؟ وماذا نفعل باللبنة الميزونية المهداة من الطبيعة السخية ؟

ولقد ذكر الوضع الذى وجد الفيزيائيون انفسهم فيه بذلك الوضع الحرج للقرد محب الاستطلاع ، الذى حصل على نظارة ، ولكنه لم يعرف ماذا يفعل بها .

ويحاول الفيزيائيون على مدار ما يقرب من اربعة عقود من الزمن اظهار الموهبة الخاصة للميو ـ ميزون ولكن ذهبت كل جهودهم هباء حتى الآن . ولقد درست « حياة » هذا الجسيم بادق التفاصيل ، بل وحتى ظهر اتجاه علمى جديد استخدم عمليا هو الميزوكيميا* . ولكن يا لمكر هذا الميو ـ ميزون ! من هو ؟ غير معروف . معروف فقط انه يبرز فى عالم الجسيمات الصغيرة كقائم بدور الالكترون اكثر ثقلا بمقدار مائتى مرة . ولم يحل لغز الميو ـ ميزون حتى الآن .



ومضت اثنا عشر عاما . وذات مرة اكتشف جسيم آخر عند تصادم البروتونات السريعة مع نواة الممرات وهو اثقل من السابق وكان يتمتع بكل الصفات التى تؤهله لكى يرشح للقيام بدور جسيم يوكاوا . كان الجسيم الجديد يميل الى النيوكلونات ويختلف عن الميو – ميزونات بكونه يتأثر بشدة بالنوى الذرية .

ولم يكن لابتهاج الفيزيائيين حدود فقد وافق تماما الجسيم المكتشف والذى اسموه بى – ميزون تلك الصورة التى وضعها الفيزيائيون لناقلى القوى النووية . ولقد ظهر ان النيوكلونات التى ترشقها الميزونات باستمرار مرتبطة فى مجموعة واحدة فى النواة مثلما يرتبط بعضهم ببعض بهلوانات السيرك الذين يتراشقون فى وقت واحد بعدة اشيا" . ولكن فى الوقت الذى يحصل فيه بهلوانات

السيرك على ادوات تمثيل ثابتة تماما فان النيوكلونات تتراشق بالميزونات التى تطلقها بنفسها ثم تمتصها . وتتبادل النيوترونات والبروتونات فيما بينها الميزونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة . اما البروتونات مع البروتونات والنيوترونات مع النيوترونات فتتبادل الميزونات المتعادلة . وقد تكلل هذا الاكتشاف فى عام ١٩٤٧ بمنح هيديكى يوكاوا جائزة نوبل .

وفى عام ١٩٥٠ رسخ الرأى بان العالم يتكون من البروتونات ، والنيوترونات والالكترونات ، والميو — ميزونات ، والبى — ميزونات ، والفوتونات . وعرف العلماء كيف يتكون الهرم الضخم لعالم الاجسام الكبيرة من هذه اللبنات . وفهموا لم لا ينهار اى جزء من المادة الى جسيمات صغيرة .

ولكنهم لم يعرفوا شيئا واحدا هو : اين توضع اللبنة الميو — ميزونية ؟

تحت طاقية الاخفاء

فى ليلة من الليالى الاخيرة لعام ١٨٤٦ وجد الفلكى الالمانى يوهان هاله فى نقطة السماء التى سبق وان حددها الرياضى اوربان ليفريه كوكبا جديدا اطلق عليه اسم نبتون . وقد كان هذا انتصارا للفيزياء الكلاسيكية .

فى عام ١٩٥٦ كتب العالم الامريكى فيليب موريسون يقول : « ان الفيزياء فى ايامنا هذه تنتظر اكتشافا مماثلا آخر . فان للجسيمات

الاولية « نبتونها » ، وهو جسيم مدهش يذكره الفيزيائيون في اية مقالة استعراضية على الرغم من انه لم يكتشف حتى الآن » .

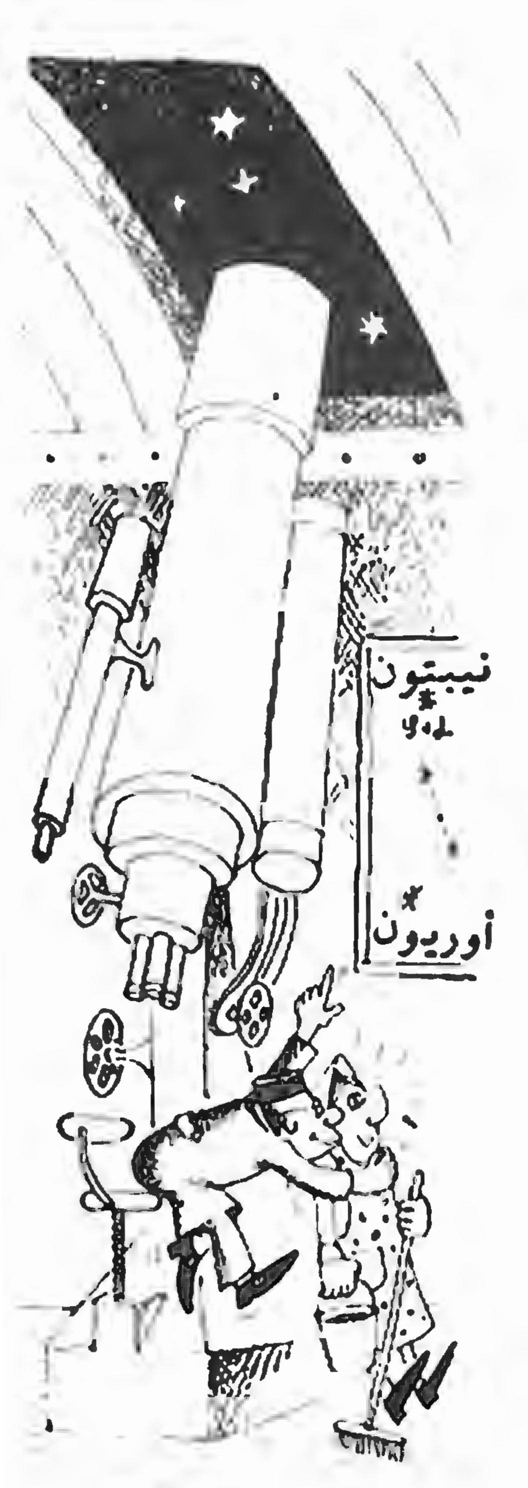
فما هو هذا الجسيم الآخر الذى احتاجه الفيزيائيون ؟ وما حاجتهم له ؟

بعد اكتشاف النيوترون ، والبروتون ، والالكترون بدا ان المسألة الابدية حول تكوين المادة قد حلت اخيرا . وكان بالمستطاع اسقاطها من جدول الاعمال ، لو لا ظهور صعوبة صغيرة ، ولكنها خطيرة جدا .

من السهل حساب طاقة الطاقة المنطلقة من ماسورة البندقية فهى دائما ثابتة . اذ تحمل الطلقة معها عند انفجار البارود فى الخرطوشة طاقة تعمير معينة .

ومن السهل حساب طاقة الالكترون المنطلق من النواه المشعة . وكان يعتقد منذ اربعين سنة مضت ان الطاقة المتحررة عند التفتت ، تقتسم فقط ما بين الالكترونات والنواة ذاتها بموجب قانون ميكانيكى صارم — اى بصورة تتناسب تناسبا عكسيا مع كتلتهما .

ولكن اصابت الفيزيائيين الحيرة عند قياس طاقة الالكترونات . اذ لم يتوقع احد هذه الصورة : فقد حملت الالكترونات من النواة معها طاقة اقل من حصتها المقررة ، والادهى من ذلك فان كمية هذه الطاقة كانت مختلفة فى كل مرة .



وكالعادة فقد كان اول ما تبادر الى الذهن انه قد حدث خطأ ما ، وبحث العلماء بنشاط محموم عن هذا الخطأ فى تجاربهم. وأجريت التجارب الجديدة والجديدة لدحض النتائج الغريبة . ولكن لم تساعد اى حيلة فقد أكدت التجارب باصرار كما لو كان جزء من الطاقة يغوص تحت الارض .

وهكذا ولدت الى الحياة القصة التى احدثت ضجة عن « ضياع » الطاقة عند حدوث تفتت بيتا للنواة .

وعندئذ ولدت لدى الفيزيائيين فكرة تمردية : قد لا يتحقق قانون المحافظة على الطاقة فى بعض العمليات النووية ؟ ولقد كانت هذه الفكرة مجدفة لدرجة انهم طردوها ، واجتهدوا فى نسيانها .

واصابت العلماء البلبلة ولكن احدهم ، السويسرى ولفجانج

باولى ، وجد مخرجا موفقا من هذه المشكلة المحيرة وبالتالى قضى على الخطر الذى كان يتهدد قانون المحافظة على الطاقة .

فى ديسمبر عام ١٩٣٠ بعث باولى بخطاب الى الندوة العلمية فى توبينجن اختتمه بالكلمات الآتية « ... لا يكسب من لا يخاطر . ولذلك لابد من اجراء مناقشة جدية لاى طريق للخلاص . وهكذا ايها السيدات والسادة الاشعاعيين الاعزاء ، راجعوا الامر واحكموا » .

لقد افترض باولى انه يوجد جسيم اخر لم يكتشف بعد ينطلق مع الالكترون عند حدوث تفتت بيتا للنوى . وتنقسم الطاقة بطريقة اختيارية ما بين المشتركين الثلاثة لهذا الحادث : الالكترون والنواة ، والجسيم المجهول بالضبط كما تتوزع طاقة البارود بطريقة اختيارية ما بين الخردقات المنطلقة من بندقية الصيد .

وعلى الفور اصبح كل شيء فى مكانه . فمادام الالكترون انطلق بطاقة اقل معنى ذلك ان الجزء الآخر الناقص قد حمله معه الجسيم الخفى المجهول .

ولكن لم يعترف الجميع بفرضية باولى . وبدأ الفيزيائيون فى اطلاق الاحكام والشروط . فلقد كان من الصعب رفض القانون الاساسى للمحافظة على الطاقة من ناحية ، ومن ناحية اخرى ارادوا ام أبوا فقد اضطروا الى ادخال جسيم جديد غير عادى فى الذرة التى تزودت تماما وكاملا بمكوناتها .

احكم بنفسك . فالجسيمات الاخرى يمكن تسجيلها فى عداد جيجر ، وتترك اثرا فى غرفة ويلسون . اما النيوترونات او كمات – جاما فتكشف عن وجودها بالتصادم مع البروتونات او بطرد الالكترونات من الذرة .

ولكن الجسيم الخفى لم يستسلم للعلماء التجريبيين . وبدا كما لو كان باولى يهزأ بهم اذ اعد « تحقيق الشخصية » وسجل فيه الصفات الاساسية لهذا المجهول : فهو خفيف وكتلته تساوى الصفر تقريبا ، وبدون شحنة كهربائية – اى متعادل .

وتمثل هذه معطيات « باسبورت » النيوترينو ! اذ ان ترجمة تسميته من الايطالية الى العربية تعنى ما يلى : « شىء ما صغير ومتعادل » .



ان النيوترون عندما يخترق المادة الكثيفة ، يشق طريقا طوله عدة امتار دون ان يصطدم باى نواة . اهذا كثير ؟ طبعا . ولكن ليس بالمقارنة مع النيوترينو . هذا الجسيم المخترق يطير خلال سمك مادة كثيفة مليارات السنين بسرعة الضوء الى ان يحدث أول تصادم . يالها من مقدرة اختراقية خيالية ! وفيها بالذات السر الرئيسى للنيوترينو .

ونقابل فى الحياة طرازين من التأثيرات المتبادلة . الاول هو قوة الجاذبية . ونحن نعرفها منذ الطفولة المبكرة حين ندلك الركب والجبهات المصابة عند السقوط . ولكن قوة الجاذبية لا تطرحنا ارضا فقط اذ انها تثبتنا على سطح الارض . وتمسك بالقمر قريبا من الارض وبالكواكب قريبا من الشمس .

ولقد تعرفنا على الآخر ، وهو ما يسمى بالتأثير المتبادل الشديد من مثال القوى النووية التى تبقى بالبروتونات والنيوترونات فى النواة . وهى فى المسافات الصغيرة اشد بالف مرة من القوى الكهرومغناطيسية .

ولقد كشفت لنا النيوترينو شكلا جديدا للتأثير المتبادل هو التأثير المتبادل الضعيف . ويمكن لكل الجسيمات الأولية الاخرى ان تختلط ببعضها بطرق مختلفة . اما النيوترينو فقد أصابته الطبيعة بالغبن ولم تعطه مثل هذا الاختيار . وكان من نصيبه التأثير المتبادل الضعيف فقط .

وهذا التأثير المتبادل الضعيف جدا اضعف بمئات المليارات من المرات من التأثير المتبادل الكهرومغناطيسى . مما جعل النيوترينو غير « ميال للاختلاط » بدرجة غير عادية . فعلى مدار ربع قرن لم يتمكن العلماء التجريبيون من اكتشاف هذا الجسيم غير العادى . وكان النيوترينو الشارد يتسلل عبر الاجهزة كالسمكة الصغيرة من خلال شباك صيد ذات خلايا واسعة .

وازدادت أهمية هذا الجسيم بادراك دور التأثيرات المتبادلة الضعيفة . فقد اتضح أن النيوترينو يظهر اثناء حدوث التفاعلات النووية على الشمس و على النجوم البعيدة . ويوجد النيوترينو فى كل مكان . ففى كل ثانية تخترق مليارات النيوترينات كل سنتيمتر مربع من الأرض . والواقع اننا نعيش فى محيط نيوترينى ليس له قرار .

وقبل اكتشاف النيوترينو بفترة وجيزة قدم أحد المشتركين فى هذه التجربة الى زميلائه هدية بعيد رأس السنة الجديدة . واحتوت لفافة هدية العيد علبة كبريت ملونة وكتب عليها : « من المحتم انها تحتوى ، على ١٠٠ نيوترينو على اقل تقدير » .

ولم يتمكن الفيزيائيون من اكتشاف هذا الجسيم الصغير غير المرئى الا عندما استحدثت المفاعلات النووية بصفتها منابع قوية للنيوترينو . وكان يستقر فى الجهاز جسيم واحد فقط من مجموع 10^{20} جسيم يمر خلاله . ولكن تدفق النيوترينو كان كبيرا جدا بحيث أن هذا المقدار الطفيف كان كافيا لاكتشافها .

وفي عام ١٩٥٦ أمكن للعالمين ف . راينس ولك . كوين من مختبر لوس ــ آلاموس أن يقضيا على الهالة الخفية التي كانت حول النيوترينو .

لبنات عجيبة

هناك أمر يحدث دائما وهو : اذا كان زارع البستان يبتهج للمطر فان السائح يلعن ذلك الوابل الذى انهمر فى غير وقته . و اذا سطعت الشمس بحرارة ــ فمرة ثانية ، يكون هذا خيرا للبعض و شرا للبعض الآخر . وا أسفاه ، اذلا توجد مثالية على الأرض ولا يمكن أن ترضى الجميع .

لقد فكر الفيزيائيون قبل اكتشاف النيوترون أن نواة الذرة تتكون من بروتونات و الكترونات . ولقد أحزن هذا العلماء النظريين جدا ــ اذ لم يحصلوا على شيء من حساباتهم . و لكن فى نفس الوقت كان العلماء التجريبيون الذين درسوا تفتت ــ بيتا الاشعاعى للنوى هادئين تماما ، اذ لم يلزمهم التفكير حول من أين تأتى الالكترونات .

ولقد قلب ظهور النيوترون كل شيء رأسا على عقب ، اذ فرح الآن العلماء النظريون لأن النموذج النيوترونى ــ البروتونى لتكوين النواة قد قضى على كل الصعوبات لديهم . ولكن البهجة انطفأت وتلاشت بمجرد القاء نظرة واحدة على أولئك الذين كانوا يدرسون الفاعلية الاشعاعية . فقد كانوا يطالبون بالاجابة على سؤال واحد

ولكنه صعب للغاية هو : من أين تأتى الالكترونات عند تفتت بيتا للنوى اذا لم يكن لها وجود هناك ؟

هل يا ترى يلزم مرة أخرى رفض هذه الصورة العظيمة والبسيطة لتكوين النواة ، والقيام بخطوة الى الوراء ؟ هل يلزم يا ترى ، بعد أن ظهرت أخيرا آفاق واضحة ، يلزم الغوص فى لجة مخيفة من الحقائق غير المفهومة والمتضاربة مع بعضها البعض ؟

لقد طرح السؤال التالى بشكل قاطع وحاسم : من أين تؤخذ الالكترونات في النواة ؟ — و أجبر هذا السؤال الفيزيائيين على القيام بخطوة كبيرة الى الأمام ، قد لا تكون اقل اهمية من خطوة الاعتراف بالالكترونات .

ولقد أعطى ديموقريط لعالم الذرات منذ ثلاثة و عشرين قرناً مضت خاصية عدم الانقسام و التغير . و فى نهاية القرن التاسع عشر نزع الفيزيائيون هذه « البطاقة المميزة » عن الذرات و أعادوا تعليقها على الجسيمات الأولية دون تفكير طويل بالامر . وقد كان من الصعب جدا على الفيزيائيين تصور لبنات المادة دون البطاقة المميزة المعتادة الهادئة و المضمونة .

كان مؤسس ميكانيكا الكم ورنر هيزينبرج أول من حلّ لغز النواة . فقد افترض أن النيوترون فى النواة يمكن فى بعض الاحيان أن يتحول الى بروتون اضافة الى الالكترون و النيوترينو . و يبقى البروتون فى النواة ، أما الجسيمات الاخرى التى « ظهرت »

فتتركها . ويظهر مثل هذا التحول من الخارج كتفتت ــ بيتا أشعاعي .

اذن ، ها هو المكان الذى تأتى منه الالكترونات ! ولأول مرة يكتشف باحثوا عالم الجسيمات الدقيقة قابلية التحول المتبادل للجسيمات الأولية .

وظهر بعد ذلك أن النيوترون يعيش خارج النواة فترة لا تزيد على ١٢ دقيقة يتفتت بعدها الى بروتون والكترون ونيوترينو . أما البروتون الحر فلا يحدث معه مثل هذا الشيء . ولكن الوضع الطاقى فى النواة المشعة يكون كالآتى حتى البروتون المستقر يمكن أن يتحول الى نيوترون وبوزيترون ونيوترينو . وتبعا لاسم الجسيم الأولى ــ البوزيترون ــ فقد صار هذا الحادث فى حياة النواة المشعة يسمى بالتفتت البوزيترونى .

ما هذا الجسيم الجديد ــ البوزيترون ؟

انه جسيم جديد و فى نفس الوقت يبدو كأننا عرفناه منذ زمن طويل . انه نسخة دقيقة من الالكترون ولكنها ذات شحنة كهربية معكوسة الاشارة . وقد يبدو أنه لا يجب ذكرها اذا ما كانت لازمة فقط لعدة كلمات عن التفتت البوزيترونى للنوى .

كلا ، البتة . ان هذا الجسيم يلعب دورا خاصا فى تاريخ فيزيا الجسيمات الاولية . اذ فتح اكتشاف البوزيترون الابواب الى عالم ضديدات الجسيمات . وأظهر لنا خاصية جديدة للمادة هى امكانية تحولها من الشكل الوزنى الى شكل الطاقة .

لقد بدأت القصة من أنه فى عام ١٩٣١ حصل بول ديراك الفيزيائى النظرى الشاب فى جامعة كمبريدج على معادلة تحدد حركة الالكترون . و سرعان ما اكتشف أن للمعادلة حلين ، أى أنه بالاضافة الى الالكترون يمكن أن تستعمل هذه المعادلة لتحديد جسيم آخر . ولقد نتج عن ذلك أن هذا الجسيم يجب أن يكون مماثلا تماما للالكترون ولكن شحنته الكهربية موجبة .

فى هذا الوقت – و حدث ذلك منذ أكثر من أربعين عاما مضت – لم يكن أحد قد سمع عن ضديدات الجسيمات . و كان البروتون هو الجسيم الوحيد ذو الشحنة الموجبة المعروف للفيزيائيين ، ولكن نظرا لكبر كتلة البروتون فهو لم يوافق الحل الثانى لمعادلة ديراك .



وبدأ لاول وهلة أن هذه من الطرائف الرياضية البحتة ، و لكن لم تؤد كل المحاولات لحذف الحل الثانى الى أى شىء . وكان لابد من استنتاج أحد أمرين : اما أن نظرية ديراك غير صحيحة واما أنه يوجد فى الطبيعة الكترون ذو شحنة موجبة .

و لكن نبوة ديراك كانت غير عادية جدا للدرجة أنه لم يقبلها العلماء الكبار فورا أبدا . وعلى سبيل المثال نجد ان العالم السوفييتى لانداو صار يردد عندما كان يسمع تقرير ديراك فى خاركوف عن ضديدات الجسيمات قائلا : «ديراك – دوراك ، ديراك – دوراك»* . وبعد مرور ثلاثين عاما قال «لا جدال فى أن ديراك قد صنع للعلم فى عدة أعوام أكثر مما صنعه كل الموجودين فى هذه الحجرة خلال حياتهم كلها ؟»

وبعد مضى عام ، اى فى سنة ١٩٣٢ أكتشف وجود البوزيترون فى الاشعة الكونية . كما تم العثور فى غرفة ويلسون على آثار جسيمات يمكن أن تكون للالكترون فقط ولكنها ذات شحنة موجبة .

و عند دراسة الاشعة الكونية بواسطة غرفة ويلسون استعمل العلماء التجريبيون الطريقة التى اقترحها الفيزيائى السوفييتى سكوبلتسين منذ عام ١٩٢٧ . ووضعت غرفة ويلسون بين قطبى مغناطيس

---

* اى : احمق (بالروسية) .

كهربى . واتاح ذلك الفرصة لرؤية أثر الجسيم الأولى ، كما امكن عن طريق انحنائاته فى المجال المغناطيسى قياس طاقته وتحديد اشارة الشحنة الكهربية لممثل عالم الجسيمات الصغيرة الذى مر عبر الغرفة . وبدا واضحا جدا على الصور التى التقطت فى غرفة ويلسون أن آثار الالكترون والبوزيترون تنحرف فى اتجاهين متعاكسين .

أكدت التجربة صحة النظرية . و حصل بول ديراك البالغ من العمر الثامنة و العشرين على جائزة نوبل .

برز بعد اكتشاف البوزيترون السؤال التالى : الا يوجد لكل جسيم أولى « انعكاس ضدى » ؟ وانشغل التجريبيون بالبحث عن ضديد البروتون فى الأشعة الكونية . وبدا كما لو ان الثنائى : الالكترون — بوزيترون قد أكد نظرية ديراك . ولكن صارت تتسرب من وقت لآخر الفكرة عن الاستثناء الذى اكسبته الطبيعة لهذه الجسيمات بالذات .

قال الاكاديمى زيلدوفتش « ان الفترة الزمنية بين التنبؤ بوجود ضديد البروتون و اكتشافه فى عام ١٩٥٥ كانت طويلة جدا — ولم تتحمل أعصاب بعض العلماء النظريين فظهرت فى السنين الأخيرة محاولات لبناء النظرية بدون ضديد البروتون » .

وفقط بعد مرور ربع قرن من تنبؤ ديراك اكتشفت مجموعة من العلماء الأمريكيين برئاسة اميليو سيجريه و أوين تشمبرلين ضديد البروتون . وبعد سنة وجدوا ضديد النيوترون .

وبعد ان أمسك الفيزيائيون بالنهاية البوزيترونية صاروا يسحبون الشبكة الحاوية على ضديدات الجسيمات ببط، أولا ثم بسرعة أكثر فاكثر . ولا يشك أحد اليوم أنه يوجد ظل لكل جسيم أولى يقابل ضديد الجسيم .

وبدراسة آثار البوزيترونات فى غرفة ويلسون اكتشف الفيزيائيون فورا أن الالكترون والبوزيترون يقضى كل منهما على الآخر عند التقائهما .

ولا يجب الخوف على الطبيعة فهى لم تكن تفقد شيئا عند ذلك . اذ أن كتلة كلا الجسيمين قد تحولت الى شكل آخر للمادة هى الطاقة التى يمكن حساب مقدارها بسهولة بواسطة المعادلة المشهورة لالبرت اينشتين $E = mc^2$.

كتب ماكس لاويه الحائز على جائزة نوبل يقول : « ان هذه النتيجة التى وصلت اليها الفيزيا، الحديثة تعتبر من أعجب ما أتى به تطور العلوم الطبيعية فى اى زمن من الازمان » .

وكم كانت غريبة هذه اللبنات الاولية للمادة ! فحتى الجسيمات المستقرة كالبروتون والالكترون كان يمكنها « الاختفا، » مع ضديداتها . و تسربت بصورة لا ارادية الفكرة التالية : كيف أمكن للصخور القديمة أن تظل باقية حتى وقتنا الحاضر وهى المتكونة من هذه المادة غير المتينة ؟

ولكن القضية هى ان الجسيمات الأولية تظهر استعدادا للتحول فى الظروف المميزة للنوى المشعة فقط وعند التقائها بضديدات الجسيمات . وفى محيط العالم الذى فى متناول ادراكنا وحسنا يكون ، عدد النوى المستقرة أكبر بكثير جدا من النوى المشعة . و ينقذنا من خطر القضاء على المادة عدم وجود ضديدات الجسيمات بكميات كبيرة .

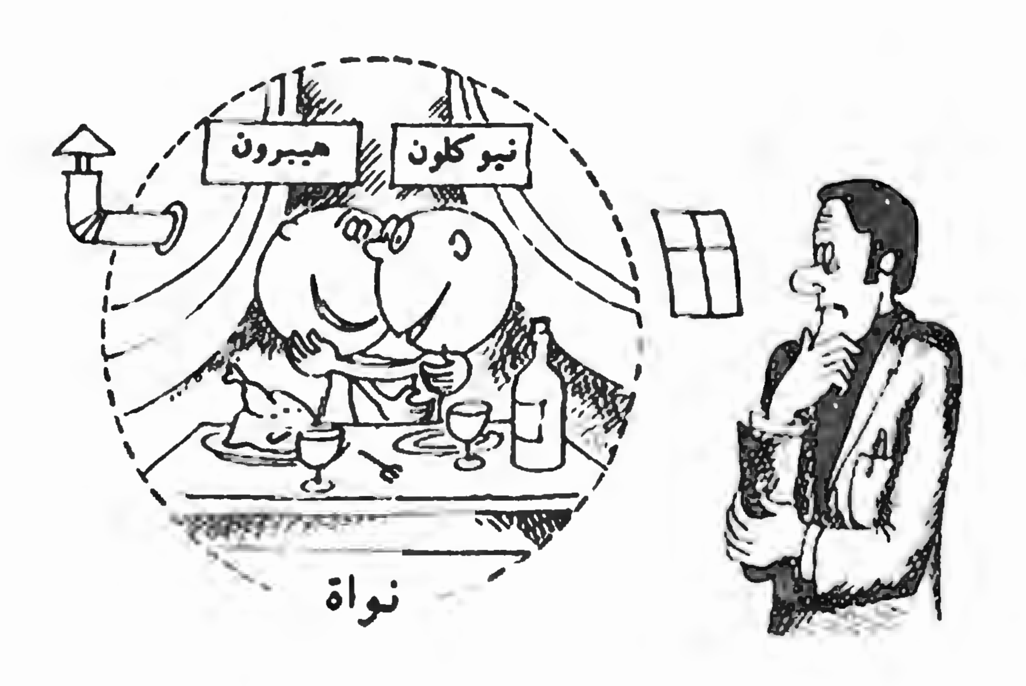
عصر الهيبرونات

كان الوجل يقف حتى وقت قريب حائلا بين الفيزيائيين وبين الاعتراف بالجسيمات الجديدة التى تقدمها الطبيعة . ولكن تغيرت نفسية الفيزيائيين بشكل ملحوظ فى بداية الخمسينيات . فقد بدأوا ، بعد ان اكتسبوا جرأة ، بـ « تأليف » ادوار جديدة للبنات أولية لم تكتشف بعد ، وبعد ذلك كانوا يبحثون عمن يؤديها . و اتجه الفيزيائيون كالبحارة ايام كولومبس الى عالم الجسيمات الدقيقة غير المدروس و الفاتن و قد تملكتهم فكرة البحث عن جسيمات جديدة .

ودرس العلماء تصادم الجسيمات الأولية مع النواة بواسطة غرفة ويلسون . فقد وضعوا فى الغرفة الواح المادة اللازمة وتتبعوا طريق الجسيم اليها وكذلك آثار تلك الجسيمات التى انطلقت من هذه الألواح .

وفى عام ١٩٥١ وقع جسيم « غريب » بشكل غير عادى على الطعم المصنوع من لوح من الرصاص . فقد ولدت الاشعة الكونية ذات الطاقة العالية التى اصطدمت ببروتونات ونيوترونات اللوح الرصاصى جسيما جديدا متعادلا ، ولم يترك هذا الجسيم وراءه اثرا ولكن شوهدت بالقرب من اللوح آثار غامضة ، صادرة عن نقطة واحدة ، لجسيمين مشحونين انقسم اليهما الجسيم غير المنظور . وهكذا انتهت الحياة القصيرة للجسيم الجديد والتى استمرت ١٠⁻¹⁰ ثانية فقط . ولكن ما اكثر الانفعالات التى احدثتها هذه اللحظات فى نفوس الفيزيائيين !

وعندما بدأت دراسة الصور الفوتوغرافية لآثار نشاط الجسيمات الجديدة لوحظت أشياء دعت آنئذ الى العجب حقا . فقد اتضح



أنه قد اكتشف لا جسيم واحد وانما شكلان مختلفان للبنات أولية هى : كا — ميزونات ثقيلة وجسيمات أكبر فى الكتلة من النيوكلونات هى الهيبرونات . والآن يوجد أكثر من دستة من الميزونات والهيبرونات ، وعلى الرغم من أنه لم يكن يلزم أحدا ظهور جسيمات جديدة وبمثل هذه الكمية الكبيرة ولم تتنبأ اية نظرية موجودة بأى شىء من هذا القبيل ، الا أنه وجب بشكل ما التعود على الاحوال الجديدة . ووجب أن نقبل عالم الجسيمات الاولية كما هو .

وعلى أى حال يمكن فى نهاية المطاف أن نستبدل احدى العادات بعادة أخرى . أما الفيزيائيون فلم يستطيعوا حتى الآن التعود على « غرابة » الجسيمات الجديدة . ولكن لم سمى « الصيد » الجديد من الجسيمات « بالغريب » ؟ وبم تتجلى « غرابتها » ؟

لقد ولدت الكا — ميزونات و الهيبرونات نتيجة للتأثير المتبادل القوى ما بين النيوكلونات خلال وقت قصير للغاية ، أقل بكثير مما يسمى عادة بلمحة البصر . ولقد كانت تتفتت ايضا الى جسيمات شديدة التأثير المتبادل ، وهذا يعنى أنها يجب أن تختفى فى مثل هذا الوقت القصير . ولكنها فى الحقيقية تعيش بمائة ألف مليار مرة (١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠) اكثر ! وكيف اذن لا تسمى بالجسيمات « الغريبة » ؟

ومع هذا فيبدو ان الهيبرونات « الغريبة » من انسباء النيوكلونات المقربين . فهى تعيش بسلام معا بجانب بعضها البعض لا فى جدول

الجسيمات الأولية فقط و لكن فى النواة الواحدة أيضا . اذ تستطيع اللامبدا ــ هيبرونات المتعادلة أن تحل محل نيترون واحد أو حتى نيترونين .

أما الهيبرون ذاته فلا يظهر فى النواة بنفسه اذ أن النواة تحصل عليه عند الاصطدام مع البروتون الكونى ذى الطاقة الكبيرة . ويحمل الهيبرون مع إحدى الشظايا مذكرا بالكارثة التى حدثت . وتوجد الهيبر ــ نواة ــ وهذا هو الاسم الذى اطلق على الشظية ــ بقدر ما يوجد الهيبرون نفسه ، أى ما يقرب من $١٠^{-١٠}$ ثانية .

ولكن اذا ماسلكت الهيبرونات سلوكا مرضيا بهذا القدر او ذاك فان اقربائها البى ــ ميزونات و الكا ــ ميزونات الثقيلة يتميزون بكونهم متمردين وعلميين . فهم لا يريدون أن يأخذوا بعين الاعتبار قوانين عالم الجسيمات الدقيقة و منذ اكتشاف الكا ــ ميزونات وحتى يومنا هذا تحتل التجارب عليها مركز اهتمام الفيزيائيين .

ويرى القارئ اننا و جدنا خلسة و انطلاقا من السؤال الطفولى « كيف نظم كل شئ ؟ » وجدنا أولا ثمانية لبنات ثم حتى عام ١٩٦٠ وجد ما يقرب من ثلاثين نوعا من لبنات المادة . ولقد كانت أهمية ولزوم الجسيمات الثلاثة الاولى لاجدال فيها . وبعد شيء من التأمل « ألحق بالعمل » ستة جسيمات مكتشفة حديثا . ولكن هناك ثلاثين جسيما لازالت بدون أى استعمال حتى الآن !



ان كرم الطبيعة الذى ليس له حدود امر يبعث على الحيرة . فلم يعد أحد الآن يجروء على اثبات : ما هو عدد الجسيمات الأولية الواجب توفرها فى الطبيعة ؟ متى تنتهى قائمة لبنات المادة ؟ ربما تكون هذه القائمة قد اكتملت ؟ او ربما تكون هى البداية فقط لهذه القائمة ؟

اقتصاد مضطرب

استلم الفيزيائيون فجأة ملكية « اقتصاد متعدد الفروع » وواسع جدا من الجسيمات الاولية . فتوجد فيه النيوكلونات والهيبرونات النووية ذات الكتلة الضخمة ، والميزونات الثقيلة والنيوترينات الخفيفة ، والميو ـ ميزونات و الفوتونات . ولا يمكن ذكرها كلها بالتفصيل .

لقد أصبح عدد الجسيمات كبيرا للدرجة أن الشك يتسرب الى الانسان دون ارادته فيتساءل : هل من الممكن بثقة كافية تمييز احد الجسيمات عن الآخر ؟ ومن العبث الكلام عن الشكل الخارجى للهيبرونات ولونها . ولكن بعد اكتشاف كل جسيم مباشرة حصل على باسبورت حل فيه محل اللقب و الجنسية والوضع الاجتماعى قيم الكتلة والشحنة وزمن الحياة . ولم يكن بأقل أهمية اللف للجسيم وهو القيمة المرتبطة بدورانه الذاتى ، او عزمه المغناطيسى الذى له علاقة مباشرة بتوزيع التيارات داخل الجسيم .

وفى عالم النباتات و عالم الحيوانات يختلف الافراد من النوع الواحد دائما بمقدار قليل كل عن الآخر فى المقاييس أو اللون أو السلوك . وقد يخطىء فى بعض الأحيان عالم النبات أو عالم الحيوان ولو قليلا فى التصنيف نظرا للانحراف الشديد لدلائل الافراد عن الخواص النوعية .

ولكن هذا الخطر لا يهدد العالم الفيزيائى التجريبى اذ أن الجسيمات الأولية من النوع الواحد تكون متشابهة تماما . فكل البروتونات وكل النيوترونات متطابقة مع بعضها البعض ولا يهم ان كان قد تم الحصول عليها فى المعجل أم أنها نشأت فى الاشعة الكونية . ولذلك فليس هناك اية ضرورة لبحث خواصها بالتفصيل فى كل تجربة . يكفى فقط تحديد « النوع » الذى ينتمى الجسيم المذكور اليه .

ويمكن ايجاد كتلة الجسيم من الصور الفوتوغرافية للأثر ، والتى تقوم بالنسبة للجسيمات المشحونة بدور الباسبورت . و اذا ما كان الأثر يقع كله على الصورة وعرفت سرعة الجسيم فيمكن اعتبار انك قد قست زمن حياتها . أما اشارة شحنته فيدل عليها انحرافه فى المجال المغناطيسى .

ويحصل عالم الفيزياء على جميع المعلومات الاخرى التى تهمه من جدول الجسيمات الدقيقة ، الموضوع تبعا للمعلومات « الباسبورتية » لكل جسيم منها . انظر الى هذا الجدول فستلاحظ على الفور أن الشكل الواحد للجسيمات يختلف عن الشكل الآخر قبل كل شيء بقيمة كتلته وزمن الحياة أو طريقة التفتت .

وتتغير كتلة الجسيمات فى حدود ضخمة تتراوح من الصفر (لدى النيوترينو والفوتون) حتى قيمة مساوية لألف وخمسمائة جزء من كتلة الالكترون وهى كتلة أثقل (أوميجا) — هيبرون . أما زمن الحياة فهو من ١٠ -٢٣ من الثانية لدى رو — ميزون حتى ١٠^٢٨ سنة لدى البروتون !

ولكن أى رتابة توجد فى خانة « الشحنة الكهربية » ! فهى متعادلة ، وسالبة وموجبة . وهذا هو كل مجال التغيرات فيها . حقا أن كلمتى « سالبة » و « موجبة » لا تعنى سوى اشارة الشحنة ولا تقول شيئا عن قيمتها . ولكن قد تتغير هذه القيمة بشدة كالكتلة وكزمن الحياة ؟

ولكن الطبيعة اكسبت الشحنة استثناء طيبا . فالجسيم اما لا يحمل شحنة عموما أو أن شحنته تساوى تماما شحنة الالكترون .

لو ألقينا نظرة على جدول الجسيمات الأولية للاحظنا أن بعض الجسيمات أخف والبعض الآخر أثقل . كما أن بعضها يعيش طويلا بينما يعيش البعض الآخر لحظة فقط . ولكن الجدول لا يذكر شيئا عن حياتها الصاخبة المليئة بالأحداث العجيبة .

ان اللبنات الأولية للمادة تولد اما فى الكوارث النووية عند اصطدام الجسيمات ذات الطاقات الضخمة ، واما عند التفتت الاشعاعى « الهادىء » . وتنهى الجسيمات غير المستقرة « أيامها » بالتفتت الى جسيمات أخف . وفى بعض الاحيان تجذبها النواة الذرية للمادة حيث تبقى فيها .

وتطرأ على الجسيمات الأولية تحولات عند التأثير المتبادل بين بعضها البعض . مع العلم أن كل جسيم يفعل ذلك بطريقته الخاصة ، و فى ذلك بالأخص يظهر الاختلاف النوعى بين الجسيمات .

وقد جمعت النيوكلونات والهيبرونات تبعا لنوع التأثير المتبادل بينها فى مجموعة الادرونات . بينما نسبّت الكا ــ ميزونات والبى ــ ميزونات الى مجموعة أخرى . أما الجسيمات الخفيفة الميو ــ ميزونات و الالكترونات والنيوترينو فقد سميت بالليبتونات .

ولا يمكن للنيوكلونات ان تحل محل الكا ــ ميزونات فى التفاعلات النووية . وفى النواة الهيبرية لا يمكن أن تحل الليبتونات

محل الهيبرونات ابدا . ولا يمكن أن يتفتت النيوترون كما تفعل الجسيمات « الغريبة » . ولا يمكن كذلك أن يتوالد البي – ميزون في تفتت – بيتا الاشعاعي للنواة .

لا يخمن الا قلائل في السيرك كيف يستطيع الساحر أن يقوم بعمل هذه أو تلك من الحيل . ولكن هذا لا يثير عند أحد الشعور باستحالة ادراك ذلك فالكل يفهمون أن الحيلة مبنية على قواعد معينة ، واذا أردت ، فقوانين من نوع معين تتحد فيها خفة حركة الأيدي بالابداع و الخيال .

و الى الآن لا يزال الفيزيائيون يشبهون مشاهدي السيرك . فهم لا يعرفون دائما لماذا يسلك هذا الجسيم او ذاك سلوكا معينا بالذات . ولكن بدراسة عالم الجسيمات الدقيقة فهم الفيزيائيون أنه لا توجد في ذلك اية فوضى ، اذ يخضع سلوك الجسيمات الى قوانين دقيقة وصارمة .

مملكة الطاقة

لقد توقف حديثنا عن اكتشاف الجسيمات الأولية في عام ١٩٦٠ ، عندما أصبح في أيدي الفيزيائيين ما يقرب من ٣٠ نوعا من اللبنات البسيطة جدا للمادة . ولم يعد هناك أي شك في أنه لا بد وأن يتضاعف عددها في القريب العاجل .

ولم تعد فيزياء الجسيمات الاولية في هذا الزمن تقتات على

المعلومات الآتية من باحثى الاشعة الكونية فقط . فقد ظهرت فى المختبرات العلمية المعجلات القوية .

وفى عام ١٩٤٩ بدأ يعمل أقوى معجل فى العالم فى ذلك الوقت فى معهد الابحاث النووية التابع لأكاديمية العلوم السوفيتية . وبواسطته عرف الفيزيائيون الكثير من الجديد عن خواص النواة الذرية و عن التأثير المتبادل بين البروتونات السريعة والنيوترونات مع المادة . ولقد سمحت النتائج التجريبية التى حصل عليها العلماء السوفييت بعد عدة أعوام بحل مشكلة الاستخدام السلمى للطاقة الذرية . ولقد فتح تشغيل أول محطة ذرية لتوليد الكهرباء فى العالم فى مدينة أوبنينسك عصرا جديدا فى تطور علوم الطاقة .

وجرى فى أبريل عام ١٩٥٧ فى معهد الابحاث النووية الموحد فى مدينة دوبنا بضواحى موسكو تشغيل معجل جديد هو السينكروترون البروتونى الذى « ينتج » بروتونات ذات طاقة تصل الى ١٠ مليارات الكترون — فولت .

ولم يحصل فى أى معمل فى بلد آخر من بلاد العالم حتى ذلك الوقت على جسيمات بمثل هذه الطاقة الكبيرة . وأستطاع علماء البلدان الاشتراكية أن يتغلغلوا اعمق فى سر تكوين المادة . واكتشفت فى هذا المعجل عدة جسيمات أولية جديدة ، ومن ضمنها جسيم من طائفة الهيبرونات هو ضديد — سيجما — ناقص — هيبرون .

ويمكن أن تتولد جميع الجسيمات عند تصادم أى جسيمين ، على سبيل المثال البروتونات ذات الطاقة الكبيرة مع النوى الذرية . وليس هناك قيمة مبدئية لمكان حدوث ذلك كله سواء فى الفضاء الكونى او على الحدود مع الفضاء الجوى للارض أو فى هدف المعجل . صحيح أن البروتونات الكونية تتمتع بطاقة أكبر بكثير من طاقة البروتونات المكتسبة فى أقوى المعجلات . الا أنه من الانسب كثيرا العمل باستخدام حزم البى — ميزونات المعملية بدلا من اصطيادها من الأشعة الكونية .

وبالتدقيق فى المعطيات الباسبورتية للجسيمات لاحظ الفيزيائيون أن أغلب الجسيمات تعيش فترة أطول من $١٠^{-١٤}$ ثانية . ويوجد فقط جسيم واحد يسمى ايتا — ميزون يعيش أقل من الجسيمات الاخرى ، حوالى $١٠^{-١٩}$ ثانية .

ولكن العلماء لم يستطيعوا تفهم السبب فى عدم العثور على جسيم تتراوح الفترة الزمنية الحياتية له ما بين $١٠^{-١٩}$ ثانية و ما يسمى بالزمن « النووى » الذى يساوى $١٠^{-٢٢}$ — $١٠^{-٢٣}$ ثانية ؟ وهو أقل زمن يحتاجه الجسيم المتولد حديثا لكى يعلن عن ظهوره فى العالم . ولكن لم يكد الفيزيائيون يطرحون على أنفسهم هذا السؤال حتى اكتشف الجسيم الذى يولد لمدة لحظة قصيرة للدرجة أنه لا يمكن حتى تسميتها باللحظة !

وقبل وفاة اينريكو فيرمى عن عمر يناهز الخمسين عاما بعامين قام بتجربة فى شيكاغو للطاقات المنخفضة لاستيضاح تفاصيل التأثير المتبادل ما بين البى — ميزونات والنيوكلونات . و حصل على نتائج مدهشة . فقد طرأ على طابع التأثير المتبادل ما بين البروتونات والبى — ميزونات عند طاقة معينة للأخيرة ، بعض التغيير . وقد كان ذلك يشبه على سبيل المثال ، الازدياد الحاد لشدة الموجات الكهرومغناطيسية عندما تصبح ذبذبة اشعاع المولد فى حالة رنين مع الذبذبة التى ضبط عليها الهوائى المرسل .

كما اصبحت فى حالة رنين الطاقة الكينيماتيكية للبى — ميزون مع الطاقة الكامنة لتأثيره المتبادل مع البروتون . وفى خلال فترة زمنية تقارن بالزمن النووى ، بدا كما لو ان الميزون قد « توقف » بجانب البروتون ، وظهر جسيم معقد جديد . ولكن هذا الرنين لم يعتبر فى ذلك الوقت جسيما .

وعندما ظهرت الى الوجود معجلات أقوى ، كانت طاقة البروتونات عظيمة لدرجة أن البروتونات عند اصطدامها بنيوكلونات المادة ولدت فى نفس الوقت عدة جسيمات من أنواع مختلفة . واستغرق الفيزيائيون فى التفكير . وماذا لوأن هذا عبارة عن شظايا جسيم أولى ، فوق الثقيل ، وتفتت خلال الزمن « النووى » ؟

ولو قيست زوايا تطاير كل الجسيمات المتولدة وطاقتها ، لامكن حساب كتلة هذا الجسيم الأم . وبعد القياسات والحسابات

التى اجريت توصل الفيزيائيون الى نتيجة مفادها أن الجسيمات الأم موجودة ، وهى تتمت خلال $١٠^{-٢٣}$ من الثانية الى النيوكلونات العادية المعروفة لدينا والهيبرونات والميزونات . ولقد اطلق على الجسيمات الجديدة اسم « الرنينات » وتعكس هذه التسمية قصة اكتشافها .

وقد تبين أن تكوين الرنينات ليست خاصية استثنائية ولكنها خاصية عامة جدا للجسيمات التى تؤثر فى بعضها البعض بقوة . وعندما يكون التصادم بطاقة كبيرة بما فيه الكفاية يمكن أن يتكون جسيمان أو ثلاثة جسيمات ثانوية او اكثر تتحد فيما بينها فى مركبات غير مستقرة .

وكانت الرنينات الاولى المكتشفة عبارة عن مركبات من جسيمين .



انقسم بعضها الى بى – ميزونين اثنين وانقسم البعض الآخر الى كا – وبى – ميزونات . ثم اكتشفت تركيبات أعقد جديدة .

ولقد أصبح عدد العلماء التجريبيين الذين شغلوا « بصيد » الجسيمات الجديدة كبيرا بحيث أن أغلب الرنينات اكتشف فى وقت واحد فى عدة مختبرات .

كتب فى ذكرياته عن اينريكو فيرمى تلميذه الاكاديمى السوفييتى برونو بونتيكورفو يقول :

« من المؤسف أن فيرمى الذى كشف فى عام ١٩٥٣ أول حالة لما يسمى بالرنينات الأدرونية لم يستطع أن يرى التطور المنتصر المستمر لهذا الاتجاه حتى الوقت الحاضر وظهور مئات من الرنينات فى جدول الجسيمات الأولية » .

ولكن كم عدد الجسيمات الأولية المعروفة حتى يومنا هذا ؟

لقد حان الوقت لاجمال الرصيد على الرغم من صعوبة القيام بذلك . وكما نرى الآن فان حدود الجدول المتواضع للجسيمات الاولية الذى وضعه الفيزيائيون حتى عام ١٩٦٠ قد جرفها سيل الجسيمات الجديدة المكتشفة – الرنينات ، خلال زمن قصير .

فقد اتضح أن الجسيمات الاولية الثلاثين المعروفة لدينا سابقا والتى كانت تستطيع أن ترنو منذ عدة سنوات فقط الى العناية الفائقة . اتضح أنها فقط اخوات مستقرة نسبيا وأخف لمجموعة هائلة من التراكيب . وحتى يومنا هذا تصل الانباء من العلماء التجريبيين

عن اكتشاف جسيمات جديدة . وكلها ما زالت تنتمى الى الرنينات .

وقد صعب حتى على المتخصصين فى مجال فيزياء الجسيمات الاولية أن يحددوا العدد الدقيق لكل لبنات المادة . فهى الآن أكثر من مائتين ! و يصدر مركز عالمى خاص كل عام مجلة بمائة صفحة تتضمن معلومات عن الجسيمات الجديدة التى اكتشفت .

وهكذا سار الفيزيائيون طريقا طويلا فى محاولتهم الاجابة على السؤال « كيف تكون كل شيء » . وكانت توجد فى البداية صورة معقدة لتكوين المادة تتألف مما يربو على تسعين ذرة « أولية » . ثم حلت محلها أبسط صورة متكونة من ثلاث لبنات أساسية هى البروتون و النيوترون والالكترون . وفى نهاية المطاف توصل العلماء الى اكتشاف العالم المدهش للجسيمات الأولية .

ان الرحلات المثيرة الى الفضاء والى قاع البحار والمحيطات لرحلات ممتعة . ولكن السفر الى أعماق المادة لا يقل عنها متعة .

لقد سمحت جزيئات ألفا لرذرفورد بأن يدرس الفراغ من مسافة $١٠^{-١٣}$ سنتيمتر . أما القذائف الذرية الحديثة ذات السرعات فوق العالية فتوفر الامكانية لسبر اغوار الفراغ من مسافة تصل الى $١٠^{-١٥}$ سنتيمتر !

وبالاضافة للمقاييس الجديدة للفراغ أعطت الجسيمات الأولية لنا امكانية التعرف على مقاييس جديدة جدا للطاقة .

وبعد اكتشاف تفاعلات الانشطار اصابت الفيزيائيين الدهشة من كمية الطاقة التى انطلقت عند انقسام نواة ذرة واحدة لمادة اليورانيوم . ولكن عند تصادم البروتون مع النيوكلونات فى معجل سيربوخوف تنتقل وتمتص كمية من الطاقة أكبر بألف مرة .

وما ان تمر لحظة حتى تنطلق فى جميع الاتجاهات عن الهدف النيوكلونات وضديدات النيوكلونات و الميزونات والهيبرونات المتولدة . وتمر لحظة فتتفتت أثقل الجسيمات ـ الرنينات ـ الى جسيمات منفصلة . ويبعث كل تصادم الى الحياة هذا العالم الصاخب و القلق و المتغير الذى تعتمد كل الوانه واختلاف انواعه على الطاقة . ان الطاقة بالذات والطاقة فقط هى الوسط الغذائى الذى يتفتح فيه للحظة « سراب » عالم الجسيمات الدقيقة العجيب .

الماتريوشكـــــا* الأخــــيرة ؟

انا اعلم ... ان كنوز
هذا العالم لاتعد ولاتحصى ،
لكن مما له أبلغ العبر المقلتين
ان تتبحر بامعان فى بواطن الامور
فى بواطن الامور مباشرة .

مارتينوف

طائر العنقاء

كتب الاكاديمى م . ماركوف يقول :

« ان مصطلح « الجسيمات الأولية » بمغزاه الأولى – كان يجب أن يعنى أبسط الجسيمات التى تتكون منها المادة » .

ولكن ألم نتسرع فى تسمية البروتونات و النيوترونات والجسيمات الاخرى بهذه التسمية ؟ و هل ان الهيبرونات و الرنينات الثقيلة التى تتفتت لحظيا تشبه ابسط جزيئات المادة ؟

---

* الماتريوشكا – علبة خشبية على شكل عروسة داخلها علب أصغر بنفس الشكل . وهى من الصناعات الشعبية الروسية (المترجم) .

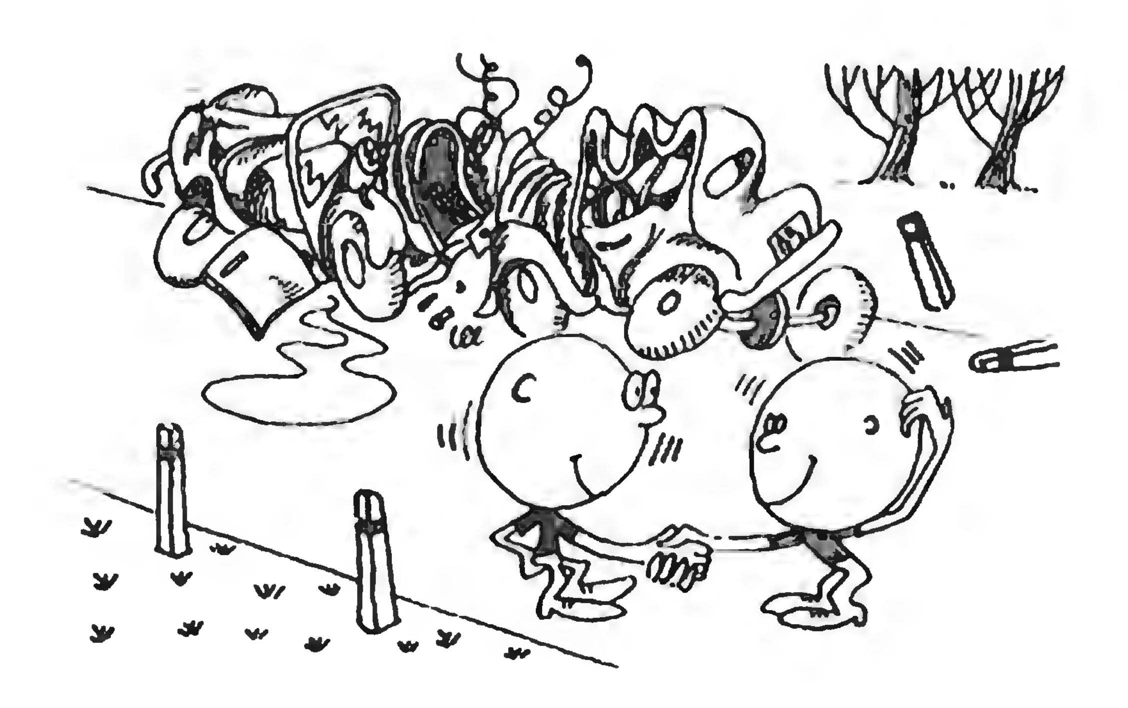
لقد تغلبت الشكوك على العلماء منذ زمن طويل . ففى عام ١٩٥٠ عندما لم تكن مكتشفة سوى تسع لبنات فقط للمادة قال اينريكو فيرمى أن « هذا عدد كبير بما فيه الكفاية لكى نرتاب فى أولية ولو حتى بعضها » .

وازداد ارتياب الفيزيائيين أكثر عندما أصبحت اللبنات الثلاثون خلال خمس سنوات تقرب من المائتين .

« لقد فقد مفهوم الأولية معناه الاولى » هكذا لخص العالم الفيزيائى النظرى والحائز على جائزة نوبل ، الاكاديمى ا . تام وضع « انفجار توالد » الجسيمات — فنحن الآن لا نستطيع أن نميز الجسيمات الأولية الحقيقية عن الجسيمات المركبة » .

أحقا لا نستطيع تمييزها ؟ و لكن هذا يبدو بسيطا للغاية ! فلو تحول النيوترون الحر الى بروتون و الكترون ونيوترينو عند التفتت الاشعاعى ، اذن فهو كالبيت المصنوع من ورق اللعب ، يتكون من أوراق منفصلة ، يكون مبنيا من البروتون و الالكترون و النيوترينو ، وأما الميو — ميزون فيتكون من الالكترون والنيوترينو .

ولكن هل هو هكذا فى الحقيقة ؟ لو أن « شيئا ما » يتكون من أجزاء منفصلة فيمكن ببذل قوى كبيرة أو صغيرة اكتشاف هذه الأجزاء دائما . فمثلا ، تحتوى الذرة على الكترونات و نواة ثقيلة وببذل طاقة قدرها عدة عشرات من الالكترون — فولت يمكن تأيين الذرة بأن نفصل عنها العدد اللازم من الالكترونات . أو بأن نفصل عنها النواة كما فعل ذلك رذرفورد بواسطة جسيمات ألفا .



وآخيرا ، يمكن بانفاق طاقة أكبر بمليون مرة تفتيت النواة الذرية أيضا المليئة بسخا" بالبروتونات والنيوترونات .

باختصار ان كل ما اعلنه الفيزيائيون باعتباره اوليا لجوهر المادة صاروا بمرور الزمان يقومون أنفسهم بتقسيمه وفتحه كالعروسة « الماتريوشكا » الخشبية . وعندما تطلعوا الى داخلها وجدوا دائما أن هناك جسيمات أصغر ، أكثر أولية ، من الجسيمات الأولية للمادة .

ولكن كيف يمكن فتح الجسيم الاولى ؟ كيف يمكن معرفة مم يتكون البروتون على سبيل المثال ؟ يبدو وكأن قصة البحث عن اللبنات الأكثر بساطة فى المادة تملى الاجابة الطبيعية جدا التالية : لابد من صدم الجسيم الأولى بأقوى ما يمكن .

ويسلك بعض الفيزيائيين هذا المسلك اذ يعرضون للاشعاع بالبروتونات ، ذات الطاقات الكبيرة و المتحصل عليها فى المعجلات ، هدفا من مادة تحتوى على الايدروجين . وفى نهاية الستينات قاموا بدراسة تصادم البروتونات ذات الطاقة ١٠ مليارات الكترون — فولت مع نيوكلونات أخرى فى السينكروترون البروتونى فى مدينة دوبنا . و يقومون الآن فى المدينة الأمريكية باتافيا بضرب هدف المفاعل ببروتونات ذات طاقة تزيد بمقدار اربعين مرة .

ولكن لم يتسن حتى الآن فى اية تجربة طرد أى « جزء » من الجسيم الاولى ولم يتسن اكتشاف شظاياه . فقد اشترك الجسيم فى كل التفاعلات النووية كوحدة متكاملة . واتضح أن أية كارثة ولو كانت اسوأ كارثة عند التصادم فى عالم الجسيمات الصغيرة تمر بدون وقوع « ضحية » واحدة .

ولكن ، ربما لا يجوز تقسيم الجسيمات الأولية عامة ؟ وأن هذا ليس ابدا بيتا بسيطا من ورق اللعب أو عروسة « ما تريوشكا » ؟

اجاب العالم بالدين مدير معمل الطاقات العالية بمعهد الدراسات النووية الموحد والعضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية على هذا السؤال قائلا :

« عند التحدث عن تركيب المادة فاننا ننطلق من التصور المعتاد عن انقسام الكل الى أجزاء منفصلة . ولو جربنا تمزيق أو تقسيم الجسيم الأولى الى قطع صغيرة فستظهر نتيجة لذلك جسيمات جديدة .



والعجيب جدا أن الجسيم الاولى يخرج من هذه الكارثة كطائر العنقاء من الرماد سليما معافى ومطابقا لحالته الابتدائية ! . .

اللعب حسب القاعدة

لنتصور أننا نوجد بالقرب من معجل البروتونات فى مدينة دوبنا . وكل شىء معد لاجراء تجربة معقدة . وثبت الهدف المتكون من الايدروجين . ووصل التيار الى مغناطيسات المعجل . وتصدر اشارة صوتية وضوء أحمر على لوحة التحذير ويترك الجميع صالة التجارب .

عندئذ سيجرى فى هذه الصالة مالم يره احد ، وهو . السر . العظيم لعالم الجسيمات الدقيقة الذى تسجله الاجهزة – ميلاد الجسيمات الأولية فى لحظة تصادم البروتونات المسرعة مع بروتونات الهدف .

ويقوم المشغل المناوب بتشغيل المولد ذى الترددات العالية و يبدأ المعجل فى العمل . و تقوم دفعة البروتونات السريعة بثقب الهدف عند كل « زفرة » للمعجل . وما ان توجه ضربة حتى تتعرف الاجهزة لحظيا على زوج من التوائم المولودة ، و هى اما البروتون و ضديده واما النيوترون و ضديده ، و اما الزفينات و البى — ميزونات السريعة .

كل هذا يحدث فى مدينة دوبنا . و فى مثل هذا الهدف وعلى السينكروترون البروتونى فى مدينة سيربوخوف يولد فى وقت واحد عدد اكبر من الجسيمات وباصناف اكثر تنوعا . و هكذا فان عدد الجسيمات يعتمد فقط على طاقة البروتون المصطدم .

هل يتغير شيء لو عرضنا الهدف للاشعاع لا بالبروتونات ولكن بجسيمات أخرى ؟

تم فى يريفان منذ فترة وجيزة تشغيل سينكروترون يعطى حزمة من الفوتونات ذات طاقة قدرها ٥ مليارات الكترون ـ فولت أو ٥ جيجا الكترون ـ فولت . ولكن حتى فى معجل الالكترونات القوى جدا فى يريفان هذا كانت الأجهزة تعطى نفس النتائج . وتنتهى كارثة تصادم الفوتون مع البروتون بدون خسائر فى الجسيمات الأولية . و يصاحبها فقط اطلاق العاب نارية للميزونات والنيوكلونات وضديدات النيوكلونات المولودة حديثا . ويتحدد عددها مرة أخرى بطاقة الفوتونات المتصادمة مع الهدف .

ويحصل الفيزيائيون فى الاجهزة الحساسة الحديثة على معلومات كاملة عن نتائج الكارثة النووية : كم عدد الجسيمات التى ظهرت ، و ما هى ، وما هو مقدار طاقتها .

وفى الحالات التى لا تكفى فيها طاقة القذيفة الذرية لتوليد ضديدات النيوكلونات وضديدات البروتونات و ضديدات النيوترونات كان الامر فى غاية البساطة . اذ أن التفاعل الجارى كان يخضع لقانون المحافظة على الطاقة و لقانون آخر هو قانون المحافظة على عدد النيوكلونات .

ولكن عندما أصبحت طاقات البروتونات المسّرعة تكفى لتوليد ضديدات النيوكلونات حدث تشويش فى أول الأمر اذ لم يتحقق قانون المحافظة على عدد النيوكلونات فى التفاعلات النووية . وبدا كما لو أن عملية تولد الجسيمات الجديدة تخضع فقط لقانون المحافظة على الطاقة . أما بالنسبة لكل الاشياء الاخرى فقد كان عفويا تماما .

الطاقة ، ثم الطاقة ، ومرة أخرى الطاقة ! هل يا ترى تحكم الطاقة فى عالم الجسيمات الدقيقة بدون شريك وبدون تحديد بأى قانون أو قاعدة ؟

ويبدو من النظرة الأولى أن كل شيء يحدث هكذا بالذات . اذ يصطدم بروتونان . وبنتيجة تفاعل التصادم تتولد عدة بروتونات جديدة وكذلك — و يا لفرحة التجريبيين — مجموعة كاملة من

ضديدات البروتونات ، والنيوترونات وضديداتها و الميزونات . و هذا يشبه اللعب فى الروليت فتقذف ببروتونك وتنتظر ما الذى ستعطيه لك مقابل ذلك .

وسرعان ما انتبه الفيزيائيون الى أنه لا يمكن فى لعبة القمار هذه أن يصادف الحصول على عدد اختيارى من النقط . اذ يوجد لهذه اللعبة قواعدها الصارمة .

وطبقا لهذه القواعد نسب الفيزيائيون لكل نيوكلون + ١ نقطة ولكل ضديد نيوكلون - ١ نقطة . وحصلت الميزونات على صفر من النقط . والآن يستطيع حتى تلميذ الصف الاول أن يحسب بسهولة انه فى كل التفاعلات يكون العدد الكلى للنقط قبل التصادم مساويا لعدد هذه النقط بعد التصادم دائما .

وقد سمى الفيزيائيون النقط التى حصلت عليها النيوكلونات وضديداتها و الميزونات بالشحنة الباريونية لهذه الجسيمات ، وأما القاعدة المكتشفة للعبة فقد سميت بقانون المحافظة على الشحنة الباريونية . فمهما اصطدمت البروتونات بالبروتونات أو النيوترونات أو كمات جاما فانه تظهر بعد التفاعل كمية من النيوكلونات الجديدة مساوية لضديدات النيوكلونات .

كتب الأستاذ سموروديسكي يقول : « ان هذا القانون يعكس الصفة الأساسية للنوى الذرية واستقرارها . ولو حدث أبسط اخلال بهذا القانون لاختفت البروتونات أو النيوترونات من النوى

متحولة ، على سبيل المثال ، الى بوزيترونات أو نيوترينو أو ميزونات . ونحن مدينون في وجودنا نفسه لعدم حدوث اخلال بقانون المحافظة على الشحنة الباريونية أبدا » .

وهناك قواعد وقوانين أخرى يخضع لها ميلاد الجسيمات الأولية ولكننا لن نتطرق اليها الآن . اذ أن ذكرها لن يوضح كثيرا من المشكلة التى تعنينا الآن . وحتى لو عرفنا هذه القواعد فلا يعرف الفيزيائيون كيفية تفسير وتفهم هذه اللعبة اللانهائية : كم وماذا يسقط ؟

ولكن الشيء الأكثر أهمية ـ هو أنه من غير الواضح من أين تأتى هذه الكومة الكبيرة من الجسيمات التى تنتج عند التصادم ؟

نقطة أم ليست نقطة؟

لو ضربت سجادة بالعصا ـ لتراقصت مئات من دقائق الغبار فى ضوء أشعة الشمس . ولن يقلق احدا السؤال التالى : من اين اتت دقائق الغبار هذه ؟ واضح للجميع أن دقائق الغبار كانت مختفية فى وبر السجادة قبل ان تخرجها العصى من هناك .

ولكن هل يمكن السؤال. أين كانت تختبىء الجسيمات التى تظهر فى المعجل عند تصادم البروتونات مثلا ؟

لا يمكن . فهذا سؤال غير معقول اذ أنها لم تختبىء فى أى مكان بل ولدت فى لحظة الضربة . فلنتذكر : عندما يتحول

البروتون الى نيوترون والكترون ونيوترينو فى النواة المشعة فاننا لا نقول عندئذ ان الجسيمين الخفيفين الأخيرين قد اختبآ فى النواة ! اذ أنهما ولدا فى لحظة التحول .

ويعرف الفيزيائيون منذ زمن بعيد أن البروتون يستطيع أن يتحول الى نيوترون كما أن النيوترون يستطيع أن يتحول الى بروتون . وتتفتت البى - ميزونات الى جسيمات خفيفة ؛ والرنينات الثقيلة تتفتت الى الجسيمات « الغريبة » والجسيمات العادية ، والهيبرونات والكا - ميزونات تتفتت الى بروتونات ونيوترونات . وفى نفس الوقت عندما تصطدم البروتونات ذات الطاقات الكبيرة مع نيوكلونات الهدف تتولد رنينات و هيبرونات و نيوكلونات و ميزونات.

ولقد أدى هذا التحول المتبادل للجسيمات الاولية وامكانية تولدها و اختفائها الى ظهور الفكرة القائلة بوجود علاقة متبادلة بين خصائصها . و تكون انطباع أن كل مواطنى عالم الجسيمات الدقيقة يسهمون بقسطهم فى تكوين شكل الجسيم الاولى .

وأصبحت فكرة أن « كل شيء يتكون من كل الأشيا» » فكرة عادية تدريجيا . ولقد وفق العالم النظرى الامريكى تشو فى تسميتها « بالديموقراطية النووية » التى تسيطر على عائلة الجسيمات ذات التأثير المتبادل الشديد فيما بينها .

ولكن بالتفكير بهذا الاسلوب أصبح من الصعب على الفيزيائيين

أن يتخلصوا من الاحساس بأن الجسيمات التى تسميها النظرية بالنقطية تتمتع فى الواقع بامتداد وتعقد فى التركيب .

وتبدو البروتونات والنيوترونات ، هذه الجسيمات التى لا تختفى أبدا وانما تتحول كل منها الى الاخرى فقط ، مشابهة تماما للنقطة . و لكن بشرط واحد : اذا ما نظرنا اليها من على بعد . و لكن ماذا لو اقتربنا منها ؟

اطلقت على الهدف قذائف من البروتونات المسرعة الى طاقات هائلة . واقتربت من البروتون ــ الهدف كثيرا بحيث أن « النقطة » أظهرت فجأة الأعماق التى ليس لها قرار القابعة فيها . وكما وصف ذلك الاستاذ سموروديسنكى مجازا فقد اتضح أن البروتون أشبه بدوامة الماء العاصفة التى تتولد فيها وتختفى بلا كلل بى ــ ميزونات أسماها الفيزيائيون بالبيونات . ولكن هذا ليس كل شىء ! فبالاضافة للبيونات ، بالقرب من أو حتى داخل ما نسميه بالبروتون تظهر وتموت ، النيوكلونات و ضديداتها .

ولكن هل معنى ذلك أن الجسيمات التى نسميها بالاولية هى فى نهاية المطاف جسيمات معقدة الى مالانهاية بل وقد يكون لها حتى مقاييس معينة ؟

ان النظرية ما زالت عاجزة عن الاجابة على هذا السؤال .

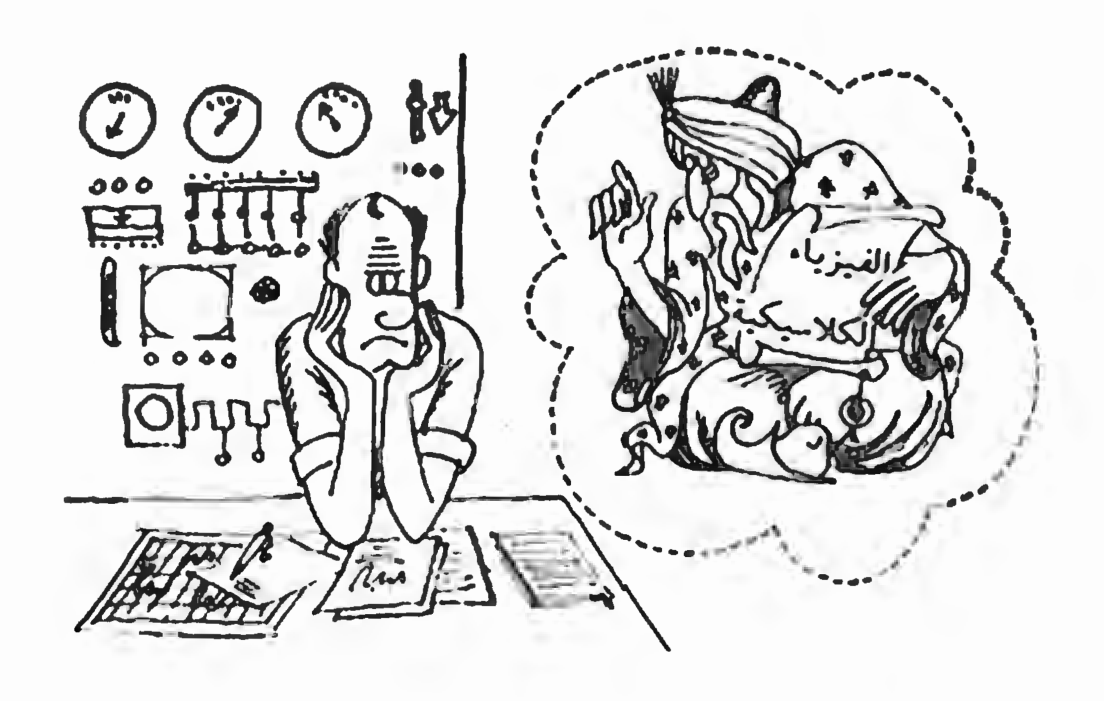
فلننظر فى الكتب الدراسية التى نشرت منذ خمس عشرة سنة مضت وسنقرأ هناك أن الجسيمات الاولية لا يمكن ان تكون أساسا

ذات مقاييس ، اذ أنها تشترك فى كل العمليات كوحدة واحدة : وهى لا تتفتت ولا تتشوه . و هذا ليس خطأ مؤلفى هذه الكتب اذ يكمن هذا الرأى فى أساس ميكانيكا الكم ذاتها .

اذن ما الذى يمنعنا من التفكير فى الجسيم الممتد ، ومن تكوين « صور » معينة للجسيمات و اكسابها تركيبا معينا ؟

ولكن من الخطر ان يدخل الانسان ديارا اخرى و يفرض قوانينه الخاصة به بينما نحن نتعمق أكثر وأكثر فى عالم الجسيمات الاولية و معنا « قوانين » الفيزياء الكلاسيكية الغريبة عن هذا العالم . اما الفيزيا الكلاسيكية فانها تهمس كالعجوز « حطاب » فى الحكايات ، والذى ولى زمانه ، اذا ماظهر الشىء ككل واحد فهذا يعنى أنه صلب مطلق .

أما الحديث عن هل الجسيمات نقطية أم لا فى اطار النظرية فيمكن اعتباره منتهيا . وتضع النظرية النسبية نهاية لكل المناقشة التى تتبع ذلك حول هذا الموضوع . وتبعا لقواعدها فالجسم الصلب المطلق لا يمكن أن يكون له تركيب أو مقاييس . اذ أنه لو تصادم جسمان صلبان مطلقان فيجب أن تنتقل الصدمة لحظيا الى كل أجزاء كل جسم منهما . لحظيا ــ وهذا يعنى بسرعة أكبر من سرعة الضوء . مع العلم ان كل النظرية النسبية تقوم على أنه لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء .



يقول الأكاديمى م . ماركوف « ان الجسيم الاولى فى ميكانيكا الكم هو جسيم نقطى بالمعنى الحرفى لهذه الكلمة » . وهذه هى كل الاجابة . وللأسف لا تستطيع النظرية الحديثة أيضا أن توضح لنا أى شىء . اذ أنها خرجت من باطن ميكانيكا الكم وتكرر خلفها « حكاية » الجسيم — النقطة .

لغة التشتت

من المعروف انه مهما كررت : شربات ، شربات ... فلن يصبح طعم الفم حلوا . فكل هذا الكلام عن تركيب وامتداد الجسيمات لا يساوى شيئا اذا لم نتمكن من « تحسس » هذه الخواص بالتجربة .

فى بعض الاحيان يتكون مثل هذا الوضع عندما لا نستطيع أو لا يكون لنا الحق فى فتح علبه ما . مع العلم اننا واثقون من أن العلبة تحتوى شيئا ما . ولكى نخمن طابع ما فى داخلها ، نبدأ فى رج العلبة ، وهزها مع الانصات الى الاصوات التى تاتى منها .

ولمعرفة ما اذا كان فى الصبة الكبيرة فراغات أو شقوق يجرى فحصها باشعاعات رنتجن أو اشعاعات جاما .

ان المشكلة التى تقف أمام باحثى الجسيمات الاولية أصعب من ذلك بكثير . فالجسيم ليس كالعلبة ذات الجدران ، بل هو نظام ذو توزيع معين للشحنة والتيارات . ودراسة تكوين الجسيم الاولى تعنى دراسة توزيع كل شحناته وقياس نصف القطر الكهرومغناطيسى أيضا .

وهل يمكن اداء مثل هذه العملية الرقيقة والدقيقة جدا ؟

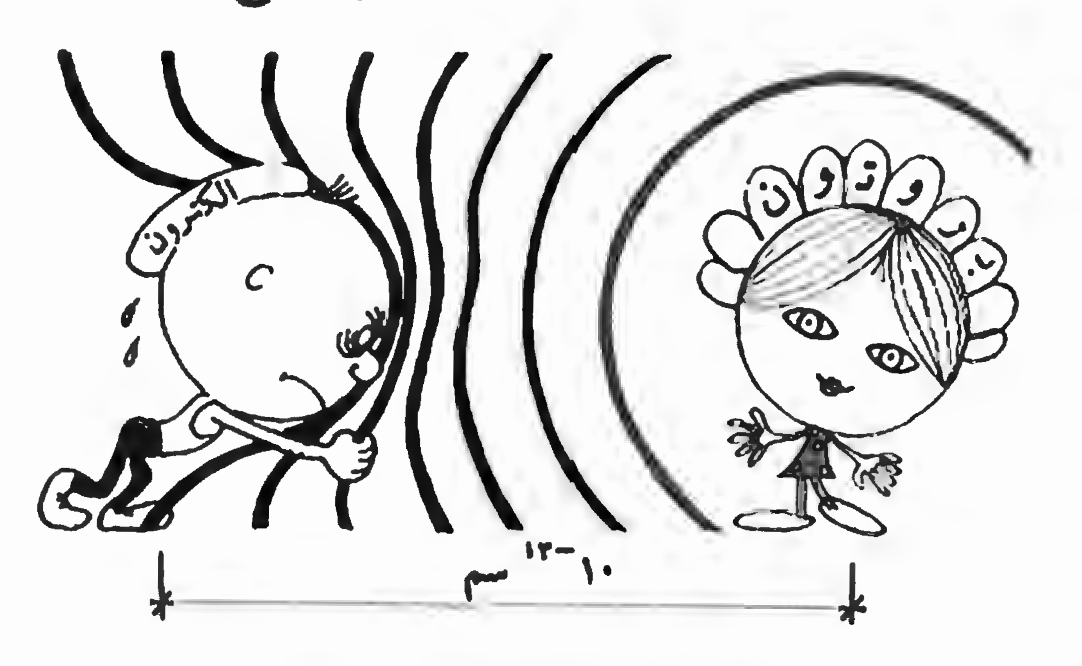
لنتذكر كيف اكتشفت النواة الذرية . فقبل رذرفورد تصور الجميع الذرة بالنموذج الذى أعطاه تومسون اى بشكل كرة مشحونة ذات الكترونات « سابحة » فيها . ثم تلمسوا النواة الثقيلة فى الذرة بواسطة جسيمات ألفا .

ولقد تابع التجريبيون سلوك جسيمات ألفا — هذه القذائف الذرية الطبيعية ، عند طيرانها خلال رقائق من المادة . اذ لم يغير أغلبها اتجاه حركتها تقريبا . ولكن كان هناك أيضا تلك التى غيرت اتجاهها عن الاتجاه الابتدائى بمقدار ٩٠ و حتى ١٨٠

درجة . وتم بدون ابطاء التوصل الى الاستنتاج الوحيد بشأن التقائها مع جسم صغير وثقيل .

وكان يمكن استخدام لغة التشتت الشاملة فى هذه الحالة أيضا . على الرغم من أنه لم يكن يفيد لهذا الغرض استخدام مجس خشن كجسيم ألفا الذى يتكون من بروتونين ونيوترونين . ولم يكن ليصلح أيضا النيوكلون السريع لوحده : اذ كان يبدأ حالا بينه و بين الجسيم ــ الهدف تأثير نووى متبادل شديد تظهر فى نتيجته نيوكلونات وميزونات جديدة . ولا يمكن فى مثل هذه الظروف ادراك ليس فقط ماهية تكوين الجسيم و لكن حتى ما اذا كان هذا الجسيم هو الجسيم الاولى أم أنه جسيم جديد قد تم الحصول عليه .

وجرت محاولات « للكشف الاشعاعى » عن البروتونات بواسطة جسيمات الضوء ــ الفوتونات . و لكن اتضح أيضا أن هذه



الطريقة لا تجدى نفعا فى دراسة دقائق تركيب الجسيم الاولى . ووجب أن يتمتع الفوتون بطاقة كبيرة جدا كى يقترب من البروتون على مسافة أقل من $١٠^{-١٣}$ سنتيمتر . وفى هذه الحالة أيضا نجم عن التصادم مع البروتونات ظهور الرنينات والجسيمات الاخرى . وقد افاد أكثر من أى شىء آخر لهذا الغرض الجسيم الاولى الاول الذى اكتشفه الفيزيائيون — صاحبنا القديم — الالكترون .

وتتفاعل الالكترونات مع الجسيمات الاخرى بطريقة كهرومغناطيسية فقط ، بحيث لا يمكن حدوث التأثير المتبادل الشديد مع البروتونات — الهدف . وبالاضافة لذلك يمكن القيام بالتجربة مع استخدام الالكترونات بحيث تسجل فقط الجسيمات التى تكسب البروتون أصغر مقدار ممكن من الطاقة . وبقول آخر استثنا" حالات تولد جسيمات جديدة .

وهكذا تتحدث الجسيمات — القذائف عما تقابله فى طريقها بلغة التشتت .

عرفت قوانين تشتت الشحنة النقطية على شحنة أخرى منذ القدم من نظرية التأثيرات الكهرومغناطيسية المتبادلة . فلو افترضنا أن الالكترون نقطى فان تشتته على البروتون يظهر لنا بأى قانون سيحدث اختلاطها ببعضهم البعض ، وهل يتمتع البروتون بتركيب ، أى هل سيلاحظ انحراف عن نظرية تشتت الشحنات النقطية .

ولكن رواية هذه الحكاية تجرى بسرعة أما العمل فيتم

أبطأ من ذلك . فممكن ان نشرح على الاصابع كما يقال كيف تتم دراسة تركيب الجسيمات الاولية . ولكن قبل أن نبدأ بمثل هذه التجارب كان يلزمنا أولا أن نتعلم كيفية الحصول على الكترونات ذات طاقة مثل هذه بحيث تستطيع أن تقترب بتلاصق تقريبا من البروتونات . بتلاصق — هذا يعنى أقرب من 10^{-13} سنتيمتراً .

اشار مرة بلوخينتسف العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية قائلا : « يجب القول انه فى دراسة بعض المسائل مثل تركيب النيوكلونات يكون التقدم الى الامام صعبا مثل التقدم الى الامام فى المناطق البعيدة من الكون . ويكمن الفرق فى أنه يلزم فى الفيزياء الفلكية استخدام تيليسكوبات معقدة ، أما فى الفيزياء الذرية فيلزم استخدام معجلات معقدة » .

الابرار الالكترونى

بدأ العمل فى عام ١٩٥٤ وفى جامعة ستانفورد فى الولايات المتحدة الأمريكية معجل خطى جديد للالكترونات . وفى نفس هذا العام انتهت مجموعة من العلماء التجريبيين الذين كانوا يعملون تحت اشراف العالم الامريكى روبرت هوفشتادتر من اعداد العدة لاقتحام النيوكلونات .

قال اينريكو فيرمى « فى كل مرحلة من مراحل تطور العلم

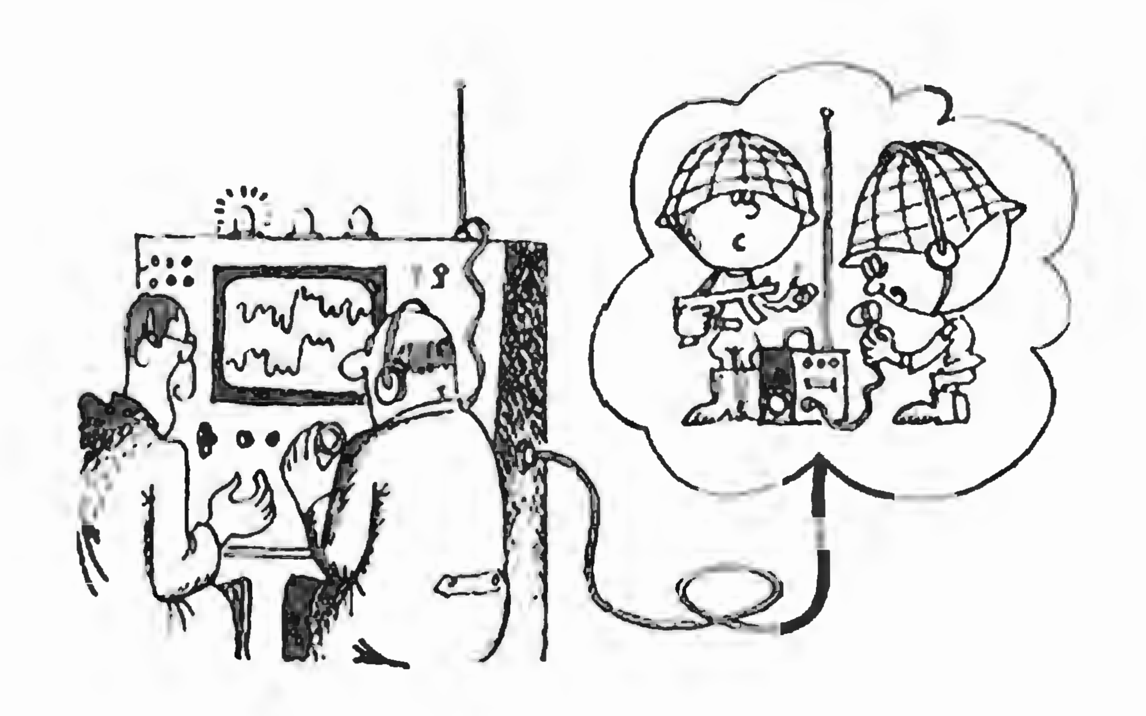
نسمي بالأولية تلك الجسيمات التي لا نعرف تركيبها والتي نعتبرها نقطية » .

ولكن العلماء كانوا منذ ذلك الحين يخمنون ، محاولة منهم تصور ميكانزم القوى النووية ، أن الجسيمات الاولية ذات تكوين معقد جدا . وقد تصور الفيزيائيون النيوكلونات بشكل نيوكلونات « عارية » ملتفة في « رداء » أو سحابة من البي- ميزونات . وكان لهذه التصورات التي تبدو ساذجة أسس معينة .

فالأطفال الذين يلعبون في لعبة الحرب يحيطون أنفسهم بمتراس من الحجارة والتراب ثم يرمون الأعداء الخياليين بهذه الحجارة . وتحدد كتلة الحجارة تلك المسافة التي يمكن من عندها اصابة « العدو » . وتصبح اللعبة غير مسلية عندما تكون المسافة أكبر من ذلك .

بمثل هذه الطريقة تحدد كتلة البي- ميزونات نصف قطر تأثير القوى النووية اى تلك المسافة التي يمكن عندها ان تتعاشر البروتونات والنيوترونات . أما حركة الميزونات المشحونة في السحابة فتكون العزم المغناطيسي للنيوكلونات . وهذا يكفي لاعتبار أن النيوكلونات والميزونات لا يمكن فصلها عن بعضها البعض « تكوينيا » . هل ستستطيع الالكترونات السريعة أن تتحسس هذا الرداء الميزوني ؟

وها هو الزحف قد بدأ . غطست في الاعماق المجهولة للمادة الالكترونات في معجل جامعة ستانفورد بطاقة بلغت حتى ٥٥٠



مليون الكترون ــ فولت . وتلقت الأجهزة أولى بلاغات فريق الابرار الالكتروني من الهدف .

وقام الفيزيائيون بفك رموز المعلومات بتلّهف . ونقلوها الى لغة المنحنيات و الجداول و كتبوها على شكل معادلات . في مكان ما هنا ، في حدود نصف قطر تأثير القوى النووية والمساوية لـ ١٠ ١٣ سنتيمتر كان يجب أن يكتشف فريق الابرار الالكتروني المراكز الأمامية للنيوكلونات ــ سحابة البي ــ ميزونات المشحونة .

ولكن أتت أولى النتائج بخيبة أمل اذ تشتت الالكترونات على البروتونات ، مثلما يحدث على الشحنة النقطية . ولكن عدم نجاح التجارب الاولى لم يجبر العلماء على التراجع ، فقد تقرر اعادة التسليح ، وتحسين المعدات و جعلها أدق .

وتم مرة اخرى توجيه حزمة الالكترونات الى الهدف ، و مرة اخرى صار الفيزيائيون يعانون من الانتظار والقلق . ما الذى كان يحدث هناك فى أعماق المادة التى يبدو ان لانهاية لها ؟ وماذا لقيت الالكترونات فى طريقها ؟ هل نقطة ليس لها أبعاد ، أم تكوينا ممدودا مشحونا ؟

انتصرت المثابرة والمهارة التجريبية العالية . واكتشفت الالكترونات السحابة الميزونية لدى البروتون . وكان ذلك اكتشافا اساسيا ، ومن أضخم منجزات الفيزيا . وهذا يعنى أن للجسيمات الاولية تركيبها الداخلى !

ولقد توجت أعمال العالم هوفشتادتر فى استكشاف ودراسة التركيب الكهرومغناطيسى للنيوكلونات بحصوله على جائزة نوبل فى عام ١٩٦٣ .

ولكن هذا لم يعن ان هوفشتادتر استطاع مرة واحدة الاجابة على كل الأسئلة . فلم يفسر كل الفيزيائيين النتائج التى حصل عليها على أنها تثبت وجود ابعاد وتركيب لدى البروتون . وبقى توضيح آخر هو : قد يكون الالكترون نفسه لا نقطيا ، وأن قوانين التأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية تتغير على أبعاد ١٠^{-١٣} سنتيمتر بين الشحنات ؟

وما كان ممكنا تصديق وجود أبعاد للنيوكلونات نهائيا الا اذا ما أمكن ملاحظة التأثير المتبادل بين شحنتين نقطيتين عندما تكون المسافة الفاصلة بينهما أقل من ١٠^{-١٣} سنتيمتر .

و عندئذ تذكروا الميو — ميزونات الفاشلة التى كانت تطمح الى القيام بدور ناقلات القوى النووية . وأظهرت الميوميزونات نفسها ، مثلها مثل الالكترونات ، بطريقة كهرومغناطيسية أو بطريقة ضعيفة . واذا ما أهملنا التأثير الأقل بآلاف المرات للتأثير المتبادل الضعيف ، فيمكن توقع حدوث التقاء الميوميزون مع الالكترون طبقا للقواعد الكهرومغناطيسية ، مثلما يحدث لقاء شحنتين .

ان مفتاح تحديد تركيب النيوكلونات هو تشتت الميو — ميزونات على الكترونات الذرات ! ففى التجارب التى تقارب فيها الالكترون والميو — ميزون الى مسافة حتى أقل بكثير من ١٠^-١٤ ستيمتر لم تخرق قواعد السلوك المحددة بواسطة نظرية التأثيرات الكهرومغناطيسية المتبادلة للشحنات النقطية .

و هذا يعنى أنه ما كان يمكن تفسير تجارب هوفشتادتر الا بكون الجسيمات الأولية عبارة عن كيانات معقدة ذات بعد معين . وكيف يصور العلماء الآن التركيب الكهرومغناطيسى للبروتون والنيوترون ؟

لا يمكن طلب اعادة تكوين التركيب الدقيق للجسيم الاولى من الفيزيائيين الذين يدرسون عالم الجسيمات الصغيرة على أساس المعطيات التجريبية عن التشتت .

اذ يمكن بواسطة الجمجمة اعادة رسم كثير من دقائق الوجه الاصلية . وقد يكون الكثيرون قد رأوا التماثيل المبتكرة التى صنعها

النحات والعالم جيراسيموف فى متحف علم السلالات البشرية . اذ أن صور تماثيله موثوق بها لأنه توجد علاقة صارمة ما بين حجم وشكل أية عظمة فى الجمجمة وعضلات الوجه المناظرة لها .

ويتبع الفيزيائيون نفس اسلوب الاختصاصى بعلم الحفريات الذى يجب عليه اعادة بعث هيأة المخلوق الذى تكتشف بقاياه اثناء الحفريات بواسطة عظمة قصبة الرجل بمفردها أو بواسطة عظمة الفك . وبالطبع فان الهيأة المعاد تكوينها لأى حيوان يمكن ألا تنطبق بتفاصيلها مع الكائن الذى كان يعيش منذ ملايين مضت من السنين . وعلى الرغم من ذلك فاننا نحصل على صورة قريبة فى ملامحها العامة للأصل بهذا القدر او ذاك .

لكن ما الذى استطاع هوفشتادتر اكتشافه فى الواقع ؟ ان البروتونات والنيوترونات « الاولية » ذات تركيب معقد جدا . ويتركز



الجزء الاكبر من كتلتها فى منطقة من الفضاء يبلغ نصف قطرها ٠,٨ × ١٠^-١٣ سنتيمتر تقريبا . و تحيطها سحابة ميزونية رخوة يسميها الفيزيائيون فى بعض الاحيان بالسحابة الميزونية وفى أحيان أخرى بالمعطف الميزونى . وتقل كثافة السحابة الميزونية بالبعد عن المركز .

كما ان شحنة البروتون موزعة أيضا بلا تجانس ، اذ يصيب الجزء المركزى منها أكثر بقليل من عشرة بالمائة من الشحنة ، أما الجزء المتبقى فمنتشر فى السحابة الميزونية .

وقد كان يبدو سابقا أن النيوترون فى المتوسط متعادل ويحتوى على مناطق ذات شحنة موجبة وسالبة . ولكن اصابت نموذج النيوترون هذا الخيبة فعند اقتراب فريق الابرار الالكترونى منه لم يكتشف الموقع الأمامى الكهربى والمتمثل بالسحابة الميزونية المشحونة . ولكن قد تكون الشحنة مختفية فى مكان ما أعمق ؟

وفى الوقت الحاضر تتغلغل الالكترونات ذات الطاقات الكبيرة جدا فى النيوترون الى مسافة ٠,٢ × ١٠^-١٣ سنتيمتر ، ولكن لم تجد الى الآن المنطقة المشحونة . فهل يا ترى ان النيوترون نقطى ؟

لا ، ليس الامر كذلك . اذ لا يمكن القول ان الالكترونات لم تصادف أية مقاومة فى طريقها الى هذا العمق غير العادى ، بالعكس ، اذ شعرت الالكترونات المغيرة بالتأثير المغناطيسى فى ذلك المكان بالذات الذى يجب ان يتواجد المعطف الميزونى فيه .

وهل يعنى هذا أن للنيوترونات سحابة ميزونية ايضا ؟ نعم . فالسحابة الميزونية للنيوترونات تحمل نفس أبعاد سحابة البروتونات ولكنها متعادلة كهربيا . قد تكون متكونة من البى – ميزونات المتعادلة ، وقد تكون متكونة من أزواج سالبة وموجبة من الميزونات .

لقد أجبرت هذه النتائج الفيزيائيين على الشك فى نقطية الجسيمات الاخرى . ولكن كيف يمكن التحقق من هذا ؟ فالامر يختلف بالنسبة للنيوكلون الذى يعيش طويلا . ولكن كيف تمكن دراسة الجسيم الذى يعيش أقل من ١٠ ^-١٠^ ثانية ؟ وما الحال بالنسبة للجسيمات التى تظهر الى الوجود لمدة ١٠ ^-١٩^ ثانية فقط ؟ كيف يمكن اتخاذها هدفا للالكترونات ؟

على اى حال لقد توصل العلماء فى الآونة الأخيرة الى طريقة « لقياس » البى – ميزونات . وأتضح أنه غير نقطى ، وله نصف قطر محدد يبلغ ٠,٨ × ١٠ ^-١٣^ سنتيمتر تقريبا . ومن الحكمة الافتراض أن لكل الجسيمات التى تتمتع بتأثيرات متبادلة قوية مثل هذه الابعاد .

ولكن ماذا تقول عن الميو – ميزون والالكترون والنيوترينو ؟ اذ أن الميو – ميزون والالكترون يسلكان حيال بعضهما الآخر سلوك شحنتين نقطيتين حتى على بعد أقل من ١٠ ^-١٤^ سنتيمتر . ومن هنا يمكن ان نخلص الى استنتاج واحد لاغيره : اذا ما كان لها ابعاد فانها أقل من ١٠ ^-١٤^ سنتيمتر .

وماذا بعد ذلك ؟

وهكذا زالت « الاساطير » عن الجسيمات النقطية . ولم يعد احد بحاجة لاثبات أنه ، على الاقل ، تكون الجسيمات ذات التأثير المتبادل القوى عبارة عن نظم معقدة ذات نصف قطر كهرومغناطيسي نهائي .

اذن ما هو الجسيم الاولى ؟ هل هو آخر عروسة « ماتريوشكا » في تركيب بنية المادة أم لا ؟

ولقد مهدت النتائج المثيرة لتجارب هوفشتادتر عن تشتت الالكترونات السريعة الطريق لظهور نماذج مركبة للجسيمات الاولية .

وفي أكثر النماذج المركبة توفيقا والذى اقترحه العالم الياباني ساكاتا كانت الجسيمات الأساسية التي بنيت منها كل الجسيمات الاخرى هي لامبدا — هيبرون والبروتون وضديد النيوترون . وفي هذا النموذج و اصلت تطورها فكرة العالمين النظريين العظيمين فيرمي ويانج اللذين كانا أول من أقترح بناء الجسيم الاولى ، البي — ميزون ، من النيوكلون وضديده ، أى من جسيمات أكثر ثقلا منها بعدة مرات .

ولقد تم بواسطة هذا النموذج بنجاح ايراد وصف لعدة تفاعلات نووية ، والتنبؤ عن طريقها بعدة خواص للجسيمات ،



الامر الذى أدى الى انفجار « مودة » النماذج المركبة . وبعدها صار كل عالم نظرى تقريبا (وحتى غير نظرى) يعتبر ان مما يشرفه بناء نموذج خاص به لجسيم أولى حتى ولو كان هذا النموذج مبالغا فيه . ولكن اكتشاف الجسيمات الجديدة ودراسة التأثير المتبادل بينها ، ألقى جانبا بهذه التكوينات العابرة واحدة تلو الأخرى . حتى أن فرضية ساكاتا الهامة لم تستطع الصمود أمام تجربة الزمن ، اذ لم يحالفه التوفيق فى اختيار الجسيمات الأساسية .

ولكن الأداة الرياضية لهذا النموذج اتاحت اكتشاف سنن جديدة فى عالم الجسيمات الأولية . وكانت فكرة ساكاتا ، عن امكانية بناء الجسيمات الاولية من ثلاثة جسيمات أساسية ، أقرب فكرة مهدت لظهور النموذج الكواركى لبناء المادة ، و الذى سنتعرف عليه فى الباب القادم .

ومن الطريف ان ج . ج . تومسون حاول منذ بداية القرن ادراك بنية الجسيم الأولى الوحيد — الالكترون الذى كان معروفا آنذاك . فقال فى محاضرته الموسومة : « على الجانب الآخر من الالكترون » :

« قد يكون بعضكم على استعداد لأن يسألنى : هل يجب تجاوز حدود الالكترون ، الا يكون ذلك بعيدا جدا ؟ و الا يلزم وضع حد فى مكان ما ؟ ان فتنة الفيزيا تتركز فى أنه تنعدم فيها الحدود الجاسئة والصلبة ، فكل اكتشاف فيها لا يمثل حدا نهائيا بل مجرد طريق بصفين من الاشجار يقود الى بلد لم يدرس بعد ، ومهما كان عمر العلم طويلا فسيوجد دائما فيض من المشكلات غير المحلولة ولن يهدد الفيزيائيين ابدا خطر البطالة » .

تحدث الاكاديمى ماركوف فى كتابه المنشور فى عام ١٩٥٨ عن التعقيد غير العادى للصورة المعاصرة للجسيم الاولى ، عندما « يبدأ كل واحد منها تمثيل تكوين معقد لكل الجسيمات « الاولية » . وفعلا ، فاذا كانت كل الجسيمات لازمة لتكوين صورة كل واحد فمن الطبيعى اذن البحث عن « مادة » ما اخرى أكثر أوليه بمعنى أنها تكون عامة لكل الجسيمات الاساسية » .

المصنـــــف الجديـــــد

ولم يزل فى هذه الجلاميد المتكتلة ،
ولم يضل عندما مس الحقيقة ،
ظفر بحقيقة كل واحد
من مليارات الالكترونات .

ب . أنتوكولسكى

من يكون من ؟

لقد كانت صورة تكوين المادة المرسومة بواسطة ثلاثة « ألوان » نقية هى اللون : الالكترونى والبروتونى والنيوترونى صورة بسيطة كرسم الأطفال .

فتركيبها الذى يتوقف على بناء الذرة والنواة الذرية ، كان يشرح بدون عناء على أساس ميكانيكا الكم . وبدا أنه يكفى رسم عدة تفصيلات أخرى ، تتعلق بالنواة ومكوناتها من النويات وتكون اللوحة قد اكتملت .



ولكن اكتشاف عالم الجسيمات الأولية الشاسع الاطراف حطم هذا الأمل . فقد اتضح أن لوحة الأمس الرائعة لم تكن الا بداية للوحة تكوين المادة المستقبلة .

لو أننا أضفنا الى لوحة الأمس مئات من جسيمات المادة التى اكتشفت فان اللوحة الجديدة لن تمنحنا سوى الاحساس بكوننا امام شئ غير مفهوم ومشوش جدا ومعقد . ولا نحس بوضوحه الا فى حالة ما اذا وضع كل جسيم فى الصورة العامة فى المكان المخصص له . وعندئذ سنرى العلاقة المتبادلة بين كل الأجزاء المنفصلة المكونة للكل .

ولكن بم يسترشد العلماء فى بحثهم اذا لم يكن هناك حتى ولا أبسط « الرتب » لدى الجسيمات الاولية ؟ ربما سيتسنى لنا أن نفهم

الوضع الاجتماعى لمواطنى عالم الجسيمات الدقيقة اذا وجدنا مبدأ « أولية » الجسيمات ؟

لكن النظرية الحديثة تتناول كالسابق بحث الجسيم النقطى ، ولا « ترى » فى هذا المعنى فرقا ما بين الالكترون الخفيف و الرنينة الثقيلة . ومع ذلك فقد كان هذا الاختلاف واضحا للعين .

ولا تشترك الليبتونات : الالكترون والميو — ميزون والنيوترينو فى التأثيرات المتبادلة القوية ، ولم يكتشف لديهم تركيب داخلى .

وتوجد فى الجيش الضخم للجسيمات ذات التأثير المتبادل القوى ، كالنيوكلونات . والميزونات الثقيلة ، والهيبرونات ، والرنينيات ، قوانين و نظم أخرى . فأغلبها يتفتت الى جسيمات أخرى . وقد ازدادت شكوك العلماء ثباتا فى « لا أولية » النيوكلونات والبى — ميزونات عند اكتشاف التركيب الكهرومغناطيسى المعقد لدى هذه الجسيمات . ولكن بما أنه لا تتوفر الى الآن امكانية اثبات ذلك فقد اكتفى الفيزيائيون بحرمانها من حق التسمية بالأوليات ، وأصبحوا يستخدمون مصطلح « اساسية » .

ولو قارنا تاريخ اكتشاف الجسيمات المختلفة فمن السهل ملاحظة أن عدد الليبتونات لم يتغير فى الآونة الأخيرة ، أما مجموعة الجسيمات « الاساسية » فقد زادت كثيرا مثل البركان الثائر المتنامى باستمرار . وزادت أساسيا عن طريق الرنينيات . وصار التدفق المروع للمعلومات

6—1531

العلمية عن جسيمات جديدة يهدد باغراق فيزيا' الطاقات العالية كلها ومنع الاهتدا' الى شىء فى عالم الجسيمات الأولية .

ان نظرية الكم النسبية التى حاولت وصف عالم الجسيمات الدقيقة على أساس عدة قواعد وبديهيات ، لم تكن فى وضع يسمح لها بتوجيه هذا التدفق الى مسار معين .

وعندئذ ظهر اتجاه نظرى جديد وجد العلما' باتباعه النظام فى عالم الجسيمات الدقيقة ووجدوا القوانين الخفية فيه استنادا فقط على خواص الجسيمات المعروفة من التجربة مثل الشحنة و الكتلة ... الخ .

المعروضات الغريبة

ان قائمة المائتى لبنة الاولية للمادة التى وضعها الفيزيائيون تشبه مجموعة نباتية لدى انسان لا يعرف تصنيف النباتات . فهذا الاختصاصى « البائس » فى علم النبات سيولى أهمية مطلقة لأى اختلاف ما بين النباتات ، وبذلك سيفرد مكانا منفصلا لكل واحدة من المعروضات التى جمعها .

ان فضل كارل لينى منشى' علم تصنيف النباتات ، لا يكمن فى اختياره العلامات الرئيسية لانتساب النبات الى صنف معين فقط ولكن أيضا فى تحديد تلك الاختلافات التى يمكن اهمالها عند توحيد الأشكال فى فصائل و الفصائل فى رتب .

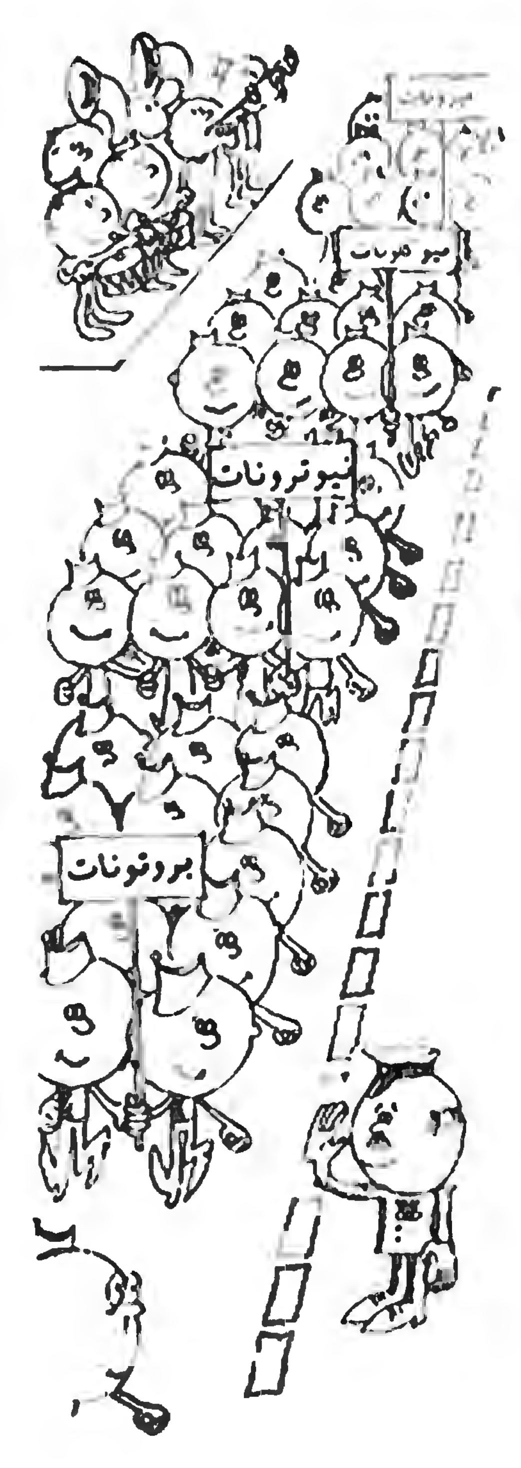
لكن هل يمكن تصنيف الجسيمات الأولية ؟ وما هو الاختلاف الذى يمكن اهماله بين الجسيمات لتوحيدها فى مجموعات ؟

فى الحقيقة ، كان الفيزيائيون يعرفون أنه لا يوجد أى اختلاف فى التأثير المتبادل القوى ما بين البروتون والنيوترون وما بين البروتون والبروتون ، والنيوترون والنيوترون . اذ تؤثر ما بين تلك الأزواج من الجسيمات قوى متساوية .

ولقد أوحت كل هذه الحقائق التجريبية الى هيزنبرج بفكرة مثمرة . اذ كان أول من حدس أنه لو لم يجذب انتباهنا تميز البروتون بالشحنة الكهربية الموجبة وانعدام الشحنة لدى النيوترون لاعتبرناهما جسيما واحدا — اذ أنهما متماثلان فى التفاعلات النووية المتبادلة تماما .

ومثلما تبدو الأشياء كلها رمادية عند الشفق فكذلك تبهت بعض الشيء الألوان المختلفة للجسيمات الأولية لو لم تجذب انتباهنا العلاقات الكهرومغناطيسية بينها . اذ يكون من الكافى جدا تلون البروتون والنيوترون بلون « نيوكلونى » واحد ، بينما يكفى البى — ميزونات الثلاثة ذات الشحنات المختلفة تلونها باللون « البى — ميزونى » الواحد .

و لقد أخذ حشد الجسيمات الاولية غير المنتظم تركيبا معينا ، عندما بنت صفوفها على « الأول — الثانى » وعلى « الاول — الثانى — الثالث » . وحتى هذه الخطوة الصغيرة على طريق التصنيف ساعدت



النظريين . اذ أنهم أقامو فورا بعض الترابط بين احتمالات العمليات التى تشارك فيها جسيمات المجموعة الواحدة .

ولكن لم تكن قد اكتشفت بعد فى ذلك الوقت الجسيمات « الغريبة » والرنينات . وبظهورها تضخمت بشكل هائل « مجموعة نباتات » الجسيمات الاولية. وفى عام ١٩٦٠ قام تلاميذ العالم اليابانى ساكاتا ولأول مرة بتقديم تقرير الى أعضاء المؤتمر الفيزيائى العالمى عن القوانين الاكثر تعميما التى تتحكم فى سلوك الجسيمات الاولية . اذ اكتشفوا عند تحليل نموذج أستاذهم شيئا شبيها بالقانون الدورى للبنات الاساسية للمادة . وبعد مرور عام على ذلك اقترح العالمان الفيزيائيان جيل ـ مان و نيمان و استنادا على هذا الاكتشاف تصنيف الجسيمات الأولية مع ضم الرنينات

اليها . و قاما بذلك كل لوحده . و على أساس هذا التصنيف أمكن تجميع كل الجسيمات التى تتفاعل بقوة فى عدة مجموعات كبيرة.

أطلق جيل ــ مان على تصنيفه تسمية شاعرية هى « الطريق الثمانى » . ولم الثمانى ؟ ذلك لأنه فى هذا التصنيف تمت عمليات على ثمانية اعداد كمية . وكذلك لأن جيل ــ مان قال مازحا « أنها تذكر بحكمة تنسب لبوذا : « نعم أيها الأخوة ، توجد حقيقة مقدسة تساعد على التغلب على الآلام : انها تلك الطرق الثمانية النبيلة : النظرات الصائبة ، النية الصائبة ، الاحاديث الصائبة ، الأعمال الصائبة ، طابع الحياة الصائب ، المحاولات الصائبة ، المشاغل الصائبة ، تركيز الفكر الصائب » .

لا ريب ان التصنيف الذى اقترحه جيل ــ مان ونيمان قد « تغلب على آلام » الفيزيائيين . و قضى على الفوضى . و لكن بقى بدون جواب السؤال الى أى مدى كانت هذه المحاولة « صائبة » و التى املتها « النوايا الصائبة » .

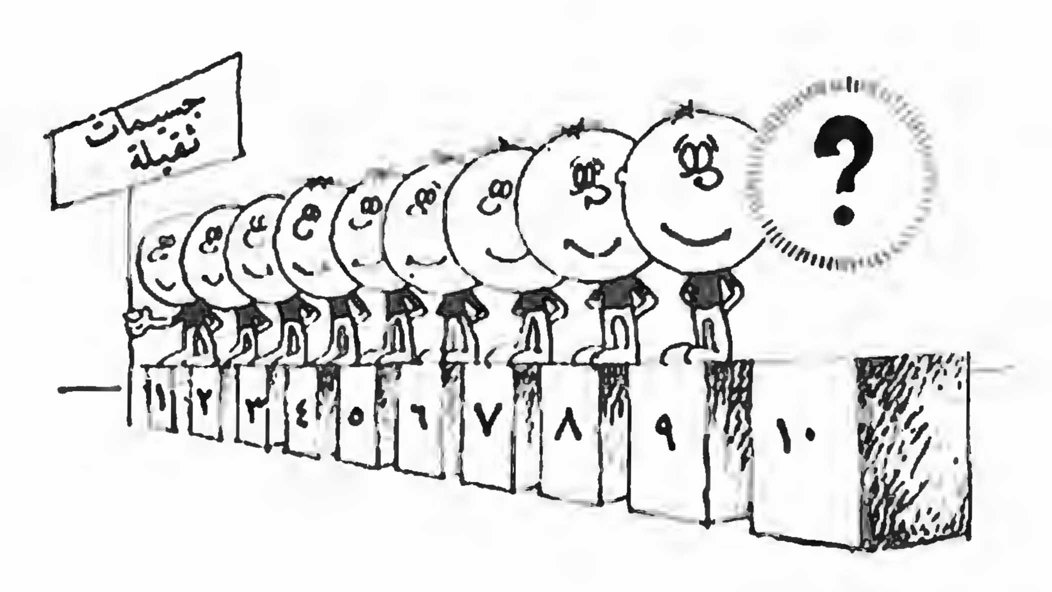
ظهرت بعد أبحاث جيل ــ مان ونيمان بدائل أخرى للقضاء على الفوضى ، والتى كانت تبدو لمؤلفيها لا تقل عنها « تبصرا ورشدا » .

وتكون وضع غريب . فمن جهة اعتبر الكثيرون فى ذلك الوقت أن وضع تصنيف الجسيمات الاساسية هو اتجاه بدون مستقبل فى علم الطبيعة . واعتبر أنصار النظرية الصارمة أن هذا العمل غير جدير بعالم حقيقى .

ومن جهة أخرى أدى التدفق الكبير للابحاث النظرية عن هذا الموضوع حتى الى بث « الخوف والحذر » في عدد من المجلات العلمية . وتكون انطباع بأن « النظريين يميلون في وضح النهار الى التحدث عن هذا الاتجاه بسخرية ويعكفون في هدوء الليل على كتابة الابحاث عنه التي أخذ عددها ينمو كدالة أسية » .

وأيا كان الأمر فقد انجذبت أعداد كبيرة من الفيزيائيين الى الاشتراك « بمسابقة » أحسن « تصنيف » للجسيمات الاولية . وأصبح الجو العلمي في فيزيا" الطاقات العالية اكثر توترا . فما هو البديل الذي سيعتبر الأحسن ؟ وماذا ستقول « لجنة التحكيم » الموضوعية الحيادية والعادلة جدا التي اسمها التجربة ؟

ولكنها كانت صامتة حتى الآن . صامتة كحكيم غارق في تأملاته حول مسألة معقدة . لننتهز الفرصة للحديث مؤقتا عما كان ينتظره مؤلفو « الطريق الثماني » من التجربة .



وعندما قاموا بامرار فكرتهم خلال « العمليات الرياضية » التى وضعها فى القرن التاسع عشر الرياضى النرويجى سوفوس لى ، ولذلك سميت بجبر لى ، استطاعوا الحصول على خطة دقيقة « لبناء » الجسيمات الاساسية . وفرض على الجسيمات أن تصطف فى مجموعات من ثلاثة وثمانية وعشرة افراد . مع العلم أنه وجد فى المجموعة الواحدة جسيمات ذات اعداد كمية واحدة .

وعندما وزعت النيوكلونات والميزونات والرنينات فى هذه المجموعات اتضح أنه بالاضافة لمجموعة ثلاثية كاملة خالية منها فانه فى المجموعة المتكونة من عشرة جسيمات ثقيلة يوجد مكان خال أيضا . من هو الغائب ؟

ان من اهتم بتاريخ وضع مندلييف لجدوله الدورى للعناصر يعرف أنه احتوى على أماكن خالية للعناصر التى لم تكتشف بعد . وكان مندلييف قد تنبأ بخواص هذه العناصر .

ولم يكن من الصعب تحديد أن أثقل جسيم من العشرة مواطنين فى عالم الجسيمات الصغيرة كان غائبا وذلك بواسطة القواعد التى تخضع لها الجسيمات المقسمة الى مجموعات . ولقد سمى الجسيم المجهول بأوميجا ــ ناقص ــ هيبرون ورسمت « صورته » ــ الكتلة والأعداد الكمية ــ التى أتضح فى المستقبل أنها قريبة جدا من الاصل .

ولقد ساعد التنظيم الذى اكتشف على ربط الظواهر التى لم تجد النظرية فيها أى شىء عام ، كما أمكن حساب احتمالات التفاعلات

النووية باشتراك الجسيمات من هذه المجموعة أو تلك . وأمكن لأول مرة و بدقة كبيرة اجرا' الحساب النظرى لعلاقة هامة جدا لتفهم خواص الجسيمات و هى علاقة العزوم المغناطيسية للنيوترون والبروتون .

لكن رغم هذا النجاح فان « الثقب » الذى انفرج فى مجموعة الجسيمات الثقيلة العشرة ولد عدم الثقة فى صحة هذا التصنيف . وصار التجريبيون يجدون فى البحث ، ومعهم « الصورة » فى ايديهم ، عن اوميجا — ناقص — هيبرون . وكتب فى ذلك الوقت م . جيل — مان يقول : « لو عثر عليه فان صحة الطريق الثمانى ستكون قد ثبتت باقصى درجة » .

ولكن العيب الأساسى فى التصنيف الجديد ، كما كان يبدو للجميع ، قد تركز فى شىء آخر . فاذا ما كان لا يزال باقيا الامل فى اكتشاف أوميجا — ناقص — هيبرون ، فلم يبد ممكنا ملء مجموعة خالية كاملة من ثلاثة جسيمات .

و لم يقتصر الأمر على وجود نقص من ثلاثة جسيمات . فقد شهد تاريخ فيزيا' الطاقات العالية أنه يمكن ملء هذا النقص ، ويلزم الانتظار فقط . وكان الوضع أعقد من ذلك بكثير . اذ أن المنطق الرياضى للطريق الثمانى قد ادخر هذه الأماكن لمواطنين غير عاديين تماما فى عالم الجسيمات الدقيقة .

لقد كانت كل الجسيمات التى تعامل معها الفيزيائيون اما متعادلة أو كانت ذات شحنة مساوية لشحنة الالكترون . وفجأة

وجد مكان خال لجسيمات ذات شحنة مساوية لجزء من شحنة الالكترون .

وقد رشحت لشغل هذه الاماكن الجسيمات ذات الشحنة المساوية لـ $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$ من شحنة الالكترون . ولم يشك أحد فى لامعقولية هذا التنبؤ . ولقد خفض من احتمالات نجاح الطريق الثمانى بشدة عدم وجود أوميجا ــ ناقص ــ هيبرون وسخف التنبؤ بالمجموعة المتكونة من ثلاثة جسيمات ذات الشحنات الكهربية الكسرية.

وفى هذه الاوضاع المعقدة قام جيل ــ مان (وقام بها زفايج أيضا بمعزل عنه) بخطوة مشابهة للخطوة التى قام بها ثور هيردال لإثبات نظريته عن سكان جزر البولينيز . فبدراسة ما تبقى من الحضارة القديمة فى البولينيز وصل هيردال الى استنتاج مفاده أن الجزر كانت تسكنها اقوام غير قادمة من آسيا كما كان يعتقد سابقا بل اقوام انحدرت من أمريكا الجنوبية . وقد أكد معارضو نظرية ثور هيردال أنه بدون أدوات ملاحة وبدون السفن المخصصة للرحلات البعيدة لم يكن من الممكن التغلب على الفضاء المائى الواسع المحيط الهادئ . وعمد هيردال المؤمن بفرضيته الى صنع طوف من أشجار وأثبت أنه يمكن قطع هذه المسافة عليه . وبهذا حول لصالحة الحجة الرئيسية لمعارضيه .

وافترض جيل مان ، انطلاقا من الايمان العميق بالتصنيف الذى وضعه ، أن الجسيمات غير العادية ذات الشحنة الكسرية لا توجد

فى الطبيعة فقط ، ولكن « صنعت » منها بالذات كل الجسيمات الاخرى بما فيها تلك التى كانت ناقصة فى التصنيف .

وهكذا أوصل « النهايات » غير المترابطة فى نظريته . ولكن من المحتمل أن هذا الجزء من الشك وعدم الوثوق الذى كان ما يزال باقيا لديه قد ضمنه تسمية هذه الجسيمات ، و التى اقتبسها من رواية علمية ــ خيالية .

كلمة المحكمين

« كوارك، كوارك، كوارك » ... برزت هذه الكلمة غير المفهومة فجأة فى بداية عام ١٩٦٤ على صفحات المجلات العلمية و العلمية المبسطة .

عندما تسربت الانباء الى الدوائر العلمية عن الكواركات لأول مرة ، لم يستطع أحد أن يفهم معناها . ولم تستطع القواميس أن تساعد لأن ترجمة هذه الكلمة الغامضة من الانجليزية أو من الالمانية لم تكن تعنى أى معنى فيزيائى بالمرة .

وضح كل شىء بعد صدور العدد الجديد من المجلة الامريكية « Physical Review Letters » . فقد كتب جيل ــ مان فى مقالة صغيرة أن الاسم غير العادى « كوارك » حصلت عليه ثلاث سندريلات للطريق الثمانى هى تلك الجسيمات الفرضية ذات الشحنات الكسرية . وتحولت تلك الجسيمات بقوة خيال العالم النظرى الى

الوجوه الرئيسية للمجتمع الكبير للجسيمات ذات التأثير المتبادل الشديد .

ان البروتونات والنيوترونات والهيبرونات وكذلك الرنينات قد تكونت بصورة رائعة من الاقترانات المختلفة للبنات الكواركية الثلاث وضديدات الكواركات المناظرة لها ، أما الميزونات فمن الكوارك وضديده . وأمكن بواسطتها توضيح كل منجزات التصنيف بسهولة بما فى ذلك لفها بثمانية و عشرة جسيمات على حدة . يقول الأكاديمى زيلدوفتش : « يمكن ببساطة ووضوح أن نشرح حتى للطفل أنه توجد ١٠ جسيمات ، لأن كل جسيم يتكون من ثلاث لبنات ، ويوجد ستة أنواع من اللبنات ، ومن السهولة التأكد من أنه توجد عشرة وعشرة فقط من التركيبات المختلفة » .

وكان أحد هذه التركيبات العشرة يناظر بدقة « هيأة » الأوميجا — ناقص هيبرون الذى تنبأ به الطريق الثمانى . وهكذا أتضح أن الكواركات لازمة فى نظرية جيل — مان ليس فقط لملء المجموعة الخالية ولكن أيضا لتوضيح كل تصنيف الجسيمات الاولية .

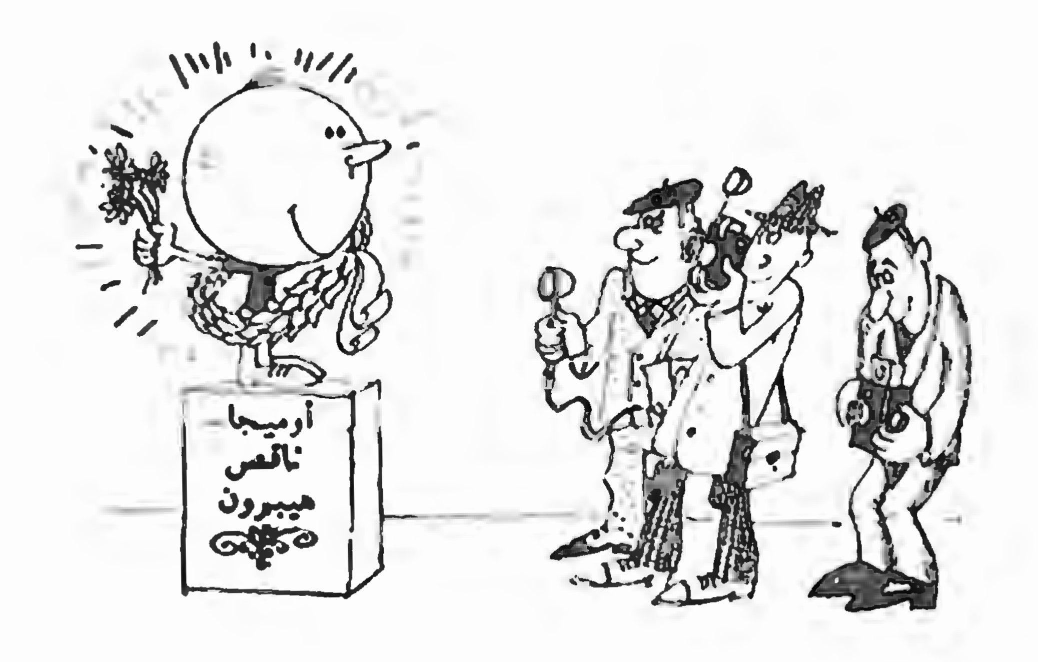
لقد شهد تاريخ الفيزيا' قبل ذلك مواقف مماثلة لهذه المواقف ، « ابتدع » فيها الفيزيائيون جسيمات جديدة . اذ ابتدع باولى فى عام ١٩٣٢ جسيما صغيرا متعادلا هو النيوترينو لانقاذ قانون المحافظة على الطاقة . وقبل ذلك بعام اكتشف ديراك البوزيترون « بطرف قلمه » . ويلزم القول أن هذه وتلك من الفرضيات لم تحظ بادیء ذى بدء باعجاب غالبية الفيزيائيين .

كانت نظرية الكواركات تطمح الى أكثر من ذلك . فان الاعتراف بوجود الكواركات كان لابد وان يقود أيضا الى الاعتراف بنوع جديد من المادة ، وبلبرية من نوع جديد ذات « جوهر اكثر أولية » .

وقوبلت الفرضية التى تقترح الاستمرار فى لعبة العروسة « الماتريوشكا » المملة بأكثر مما قد يسمى برودا . وبعد ذلك بفترة طويلة كتب الاكاديمى جينزبورج أنه « لا يطلب من الجميع الايمان بوجود « الماتريوشكا اللانهائية » : تفتح عروسة و بداخلها تكمن الاخرى – وهكذا بلا نهاية » . وبدا للنظريين ان العمل مع « المصمم » الكواركى هى مجرد لعبة . وكانوا على حق من وجهة نظرهم .

لقد فشلت كل المحاولات السابقة « لبناء » (نظريا بالطبع) جسيمات أساسية من جسيمات أخرى حقيقية . وكان يمكن اعتبار كل جسيم متكونا من عدد من اى جسيمات أخرى ذات أعداد كمية مناسبة . ولكن لا يجوز توضيح خواصها بواسطة هذه الجسيمات التى يزعم انها صنعت منها . اذ أنها بتكوينها الجسيم الجديد كانت تفقد بشكل ما « شخصيتها » عندئذ .

وقد أصر النموذج الكواركى على مثل هذا التكوين البدائى للجسيمات بالذات ، ولكن من ثلاثة أنواع من الكواركات لا تفقد شخصيتها الفردية . ولذلك كان الحديث عن هذه النظرية يثير دائما استهزاء أكثر العلماء .



وفى هذه اللحظة الحرجة تكلم أخيرا « القاضى و الحكيم » العظيم الذى اسمه التجربة . و انتشر بسرعة البرق الخبر المثير التالى : لقد تم اكتشاف الاوميجا ــ ناقص ــ هيبرون ! و اكتملت خانات الجسيمات الثقيلة العشرة ! وانطبق الأصل بدقة مع الصورة المرسومة افتراضا !

فجرى فى الولايات المتحدة الأمريكية فى مفاعل بروك هافن تعريض غرفة فقاعات هيدروجينية طولها مترين ، للاشعاع بالبروتونات ذات الطاقات الكبيرة . وبعد ان درس العلماء المائة ألف صورة التى حصل عليها شاهدوا هذا الجسيم على احدى هذه الصور .

هكذا « أعيد الى مكانه » ساكن عالم الجسيمات الدقيقة الذى

بحث عنه طويلا . واكتملت الجسيمات العشرة الثقيلة . و هكذا تأكدت صحة الطريق الثماني . واختارت التجربة أحسن طريقة « لتصنيف » الجسيمات الاساسية .

ولا يقلل من أهمية النظام الذى وجد وسط الجسيمات اننا لا نعرف بعد القوانين الطبيعية العميقة التى تكمن فى أساسها . فلم يكن منديلييف يعرف كذلك تناظر الرقم المسلسل للعنصر فى جدوله الدورى مع قيمة شحنة النواة .

كانت الطريقة الجديدة لتصنيف الجسيمات والتى منح من اجلها جيل ــ مان جائزة نوبل من اكبر الاكتشافات فى فيزيا‌ء الجسيمات الاولية .

ولكن ماذا عن الكواركات ، هل يعنى هذا أنها موجودة ؟

ان الحكماء لا يمضغون اجابتهم أبدا بل غالبا ما يحولونها الى لغز جديد . ويلزم المرء الا يقل عنهم حكمة لكى يفهم معناها .

اذن لم يحل اللغز الكواركى اكتشاف الجسيمات التى كانت غائبة عن التصنيف فهذا الاكتشاف لم ينف وجودها وفى نفس الوقت لم يؤكد النموذج الكواركى لبناء الجسيمات .

كيف يمكن فهم هذه الاجابة التى تذكر بنبوءة عرّاف « دلف » ؟ ربما بواسطة التراكيب النظرية الجديدة ؟

وفى احدى المناقشات العلمية حول هذه المسألة اعطى اوكون العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية اجابة دقيقة وواضحة

عنها فقال : « لا يمكن حل السؤال حول هل توجد فى الطبيعة جسيمات جديدة مستقرة وعلى الاخص الكواركات ، الا بالتجربة فقط وليس بواسطة النماذج النظرية » .

صيد الكواركات

لقى ثور هيردال مصاعب جمة فى سبيل الحصول على اثبات واحد لنظريته . و لكن لم تتوفر حتى هذه الامكانية لدى جيل – مان . فلاثبات صحة نظرية الكواركات كان يلزم اكتشاف هذه الجسيمات الافتراضية .

وارتفعت أسهم الكواركات بعد الاكتشاف المثير لأوميجا – ناقص – هيبرون . وتحولت الكواركات الى لقمة سائغة بالنسبة للعلماء التجريبيين . وبدأ صيد الكواركات . وشملت الضجة كثيراً من المختبرات . وجرى البحث عن الكواركات فى بلدان نصفى الكرة الشرقى والغربى . بحثوا عنها فى السينكروترون البروتونى فى مدينة دوبنا وفى معجل مدينة سيربوخوف . كما جرى البحث عنها بواسطة أضخم معجل فى العالم فى باتافيا .

ولكن هل كان العلماء التجريبيون ، الباحثون عنها ، يعرفون « شكل » هذه الكواركات ؟ نعم ولا . لقد كان شىء واحد معروفا بثبات : أن لها شحنة كهربية كسرية . أما بالنسبة للكتلة – فغير محددة تماما . وتبعا للنظرية فان الكواركات يمكن أن تكون أخف

وزنا من البروتونات بثلاث مرات ، ولكنها يمكن أن تزن طنا كاملا !

لو كانت الكواركات أخف وزنا من البروتونات أو حتى أقل كتلة من أثقل جسيم – رنيني معروف حتى يومنا هذا ، لا مكن منذ زمن بعيد اكتشافها فى المعجلات ، وحتى الشحنة الكسرية لم تكن لتساعده على الاختفا" عن نظرة التجريبى المجربة . وكل ما فى الامر ان أثرها على اللوحة الفوتوغرافية الحساسة أرفع وأبهت مما للجسيمات العادية التى لها نفس الطاقة .

ولقد أكدت لنا التجربة اليومية أنه كلما كان الشىء أضخم كلما كان ملحوظا أكثر ، وكان من الأسهل اكتشافه . فالبحث فى الحجرة عن كتاب مفقود ، أسهل بكثير من البحث عن ابرة



صغيرة . وقد يبدو أن الاحوال لا بد أن تجرى على نفس هذا المنوال بالنسبة للبحث عن الجسيمات الثقيلة .

ولكن فى التجارب الجارية فى المعجلات لا يبحث عن الكواركات و انما تتم المحاولة « لتكوينها » . وطاقة التصادم اللازمة لكى يبعث الى الحياة هذا الشبح الخيالى لعالم الجسيمات الدقيقة يجب أن تتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الكوارك .

وقد انتهت كل التجارب الجارية فى المعجلات حتى الآن بنتيجة سالبة : اذ لم تكتشف الكواركات الحرة . الظاهر أن طاقة البروتونات المعجلة ما زالت غير كافية بعد لميلاد الكوارك الثقيل .

ولو أننا حذفنا التقييم المبالغ فيه جدا والتقييم الواطى' جدا لكتلة الكوارك ، كما يفعل ذلك عند تقييم استعراضات الراقصين على الجليد ، فان الكتلة المعقولة له تكون اكثر بمرات عديدة من كتلة البروتون .

ولكن كيف يمكن أن نكون بروتونا من ثلاثة كواركات ، كل واحد منها أثقل بعدة مرات من البروتون ؟ ان هذه المسألة لا تستعصى على الحل كما قد يبدو ذلك . تتكون نواة الديتوريوم — النظير الثقيل للايدروجين — من بروتون و نيوترون بينما كتلته تقل بقليل عن مجموع كتلتى البروتون و النيوترون . و كتلة أى نواة تكون دائما أقل من مجموع كتل كل نيوتروناتها وبروتوناتها . ويضيع الفرق على طاقة التأثير المتبادل الذى يبقى النيوكلونات فى النواة .

فلننظر كيف يضع الطفل ، فى سن العامين من العمر ، بسهولة في العلبة ما أخرجه منها من مكعبات . فهنا كل شيء بسيط . اذ أن الحجم الكلى للمكعبات يساوى بدقة حجم نفس العلبة . ولكن اطلب منه أن يضع فى علبة صغيرة ثلاثة بالونات منتفخة ضخمة . فسيتقبل مثل هذا الطلب بكل بساطة كفكاهة أو تهكم . ويبدو له ذلك من المستحيلات .

مع العلم ان هذه المسألة تماثل تماما المسألة التى تحدثنا عنها توا : كيف يمكن أن نتصور بروتونا ، يتكون من ثلاثة كواركات ثقيلة ؟ ان العلبة ذات البالونات الثلاثة ستقدم لنا لحل .

دعنا نخرج من كل بالون مقدارا من الهواء بحيث يمكن وضع البالونات الثلاثة فى هذه العلبة الصغيرة . وهكذا يتراءى أمامكم نموذج واضح للبروتون المؤلف من ثلاثة كواركات . وليست بالكارثة أن تفقد الكواركات حوالى ٩٠ فى المائة من كتلتها التى تخرج مثل الهواء الذى خرج من البالونات ، عند الاتحاد فى جسيم واحد أولى .

قد تكون الكواركات صعبة الاصطياد لأن طاقة المعجلات الموجودة حاليا لا تكفى « لنفخ » « البالونات » الكواركية ؟

لنتجه اذن الى الاشعة الكونية ، فقد تكون لديها من الطاقة ما يكفى لذلك ؟

يصل رسل العوالم البعيدة الى جو الأرض بطاقة كبيرة غير عادية . لان طاقة الأشعة الكونية تزيد بمقدار مائة بل وألف مليون

مرة عن الطاقة التى يمكن للمعجلات أن تعطيها للبروتونات . و ماذا لو أنه هناك ، خلف السحب و فى الكوارث النووية تتولد الكواركات العجيبة ؟

و قد فحص العلماء بامعان مجموعة كبيرة من اللوحات الفوتوغرافية الحساسة التى تعرضت للاشعة الكونية و لكن لم يثمر ذلك عن شيء .

و فى خريف عام ١٩٦٩ اهتز العالم العلمى فجأة لنبأ جاء فى المؤتمر الدولى المنعقد في بودابست اذ أعلن المشرف على مركز دراسات الاشعة الكونية فى استراليا الأستاذ ماكاسكار عن اكتشاف الكواركات .

فقام بوضع غرفة ويلسون فى مركز سيول جوية عريضة ـ تدفقات كثيفة للجسيمات ـ المتكونة من بروتونات ذات طاقات مذهلة يبلغ مقدارها ١٠^١٩ ـ ١٠^٢٠ الكترون ـ فولت ، والآتية من أعماق الفضاء الخارجى . وهنا بالذات وجد ماكاسكار ، كما اعتقد ، هذه الجسيمات الفرضية . فمن بين ٦٠٠٠٠ أثر للجسيمات المصورة فى غرفة ويلسون ، ظهر أن خمسة منها أبهت بمرتين . وبدا كما لو انه يناظر حدوث التأين بمقدار أقل بمرتين . وهذا الاثر بالذات كان يجب أن تصنعه الكواركات ذات الشحنة المساوية ل $\frac{٢}{٣}$ شحنة الالكترون .

أحدثت تجربة ماكاسكار ضجة كبيرة فى الصحافة العلمية

المبسطة . اما العلماء الذين يهمهم بصورة مباشرة اكتشاف الكواركات فقد كانوا اكثر تحفظا .

كانت الآثار على صور ماكاسكار تشبه ، بلا ريب ، آثار الكواركات ولكن توجد مجموعة كبيرة من الاسباب الخارجية التى يمكن أن تسبب ظهور هذه الآثار . فلم يكن فى بيان العالم الاسترالى أهم شيء وهو التحليل للمراجعة وقد اثار ذلك الشكوك حول نتيجة التجربة فورا .

و فى الوقت الذى كان بعض العلماء يبحثون فيه عن الكواركات فى المعجلات و آخرون يبحثون عنها فى الاشعة الكونية فقد حاول فريق ثالث اكتشافها فى أدق التجارب .. على منضدة المختبر .

يقول المثل : « ان اعياك السير فاذهب راكبا » . وهكذا قرر العلماء « مادمنا قد عجزنا عن صنع الجسيمات ، فلنبحث عنها » .

تنص النظرية على أن أحد الكواركات الثلاثة لا بد وان يكون مستقرا . و اذا ما كانت الكواركات تتولد فى الفضاء ، ولو فى حالات نادرة ، ثم تتوقف ، فانها تتراكم تدريجيا فى المادة العادية . فقد توجد فى التربة ، وفى مياه البحار ، وفى الهواء ، وفى كل شيء يحيط بنا ، كواركات حرة متوقفة أو نوى ربطت بها هذا الكوارك .

ولكن بم تختلف — على سبيل المثال — قطرة الماء المشحونة بالكواركات عن الاخرى المشحونة بالالكترونات ؟ يكمن الاختلاف

فى ان الاولى ذات شحنة كهربية كسرية و الثانية ذات شحنة مضاعفة من شحنة الالكترون .

وتحولت قضية البحث عن الكواركات الى قضية للبحث عن الشحنة الكهربية الكسرية فى دقائق الفحم ، وفى النيازك ، وفى قطرات الماء و فى الهواء . و تركت الطرق التقليدية لفيزياء الجسيمات الأولية المكان للطرق التقليدية لفيزياء الأجسام الضخمة .

و هكذا أدى سعى العلماء لكشف جسيمات أكثر أولية للمادة الى القيام بتجارب على الاجسام الضخمة . و قاست مجموعة من فيزيائيى جامعة موسكو بدقة كبيرة شحنات دقائق الفحم وقطرات المياه ، ولكن لم تتوصل الى اكتشاف الشحنة الكسرية . ولم يكتشفها أيضا لا الباحثون الامريكيون ولا الايطاليون .

وكان الاستنتاج العام الذى توصل اليه العلماء هو : لو أن الكواركات توجد فى الطبيعة فانها أقل بمقدار 10^{17} ـ 10^{18} مرة من النيوكلونات . و صغر هذا الرقم يسبب انطباعا كئيبا . و لكن ليس لدى العلماء أنفسهم .

هذا ويستمر البحث عن الكواركات حتى وقتنا هذا .

والطريف فى الامر ان الفيزيائيين ـ النظريين السوفييت زيلدوفتش وأوكون وبيكيلنر حاولوا ان يحسبوا نظريا : كم عدد الكواركات المبطأة الممكن تواجدها فى الأرض ؟ وأعطى التقدير

مقدارا ضئيلا هو : ان الكواركات أقل ب ١٠^١٠ — ١٠^١٣ مرة من النيوكلونات .

وباعتراف العالم فينبرج العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية ان هذا ينزع بعض الغمة عن النفس : فقد غدا مفهوما لم لا تلاحظ حتى الآن ، حتى ولو كانت الكواركات ... حقيقة » .

وفى ربيع عام ١٩٧١ ظهر فى المجلات خبر جديد عن ملاحظة الشحنة الكسرية . فقد « علقت » كرة من النيوبيوم المبرد حتى درجة حرارة الهيليوم السائل على خطوط القوى المغناطيسية ما بين لوحى المكثف فى الفراغ . واطلقت على الكرة بالتناوب الكترونات موجبة و سالبة من منابع مشعة يجرى تقريبها اليه اوتوماتيكيا .

بعد هذه العملية كان يجب أن تتعادل تماما شحنة الكرة البالغة ضعف شحنة الالكترون . و لكن عندما وصل مجال عالى التردد الى ألواح المكثف تصرفت الكرة كما لو كان لديها شحنة كسرية مساوية ل $\frac{١}{٣}$ شحنة الالكترون . هل يعنى هذا أن الكواركات قد وجدت ؟

من الصعب الحكم بذلك . فهذه التجربة ينقصها الاثبات كما ينقص الاثبات نتائج ماكاسكار أيضا .

يقول الاكاديمى زيلدوفيتش « يبدو أنه يمكن التأكيد بعدم وجود أية جسيمات ذات كتلة أقل من ٦ — ٨ جيجا الكترون — فولت (أى أثقل من النيوكلونات ب ٦ — ٨ مرات) » . بينما كتب العالم

العضو ـ المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية فينبيرج يقول : « اما أنها ليست ثقيلة الى هذا الحد (فلنقل أن كتلة الكوارك تساوى تقريبا ٢,٥ كتلة البروتون) و لكنها تتفاعل بشدة مع البى ـ ميزونات ولذلك ... فى مجال التنافس بين العمليات المختلفة فانها تخلى مكانها للبيونات » .

و قال بلوخينتسيف العضو المراسل لاكاديمية العلوم السوفييتية : « من المشكوك فيه أن توجد الكواركات فى حالة حرة . مثلما لا يمكن أن يوجد الصوت فى الفراغ ، فان الكواركات لا يمكن أن توجد فى حالة حرة . ولكن من المحتمل أنها تلعب دورا هاما فى تركيب الجسيمات الاولية » .

بعد نصف عام من انشاء النموذج الكواركى جاء صانعه العالم الأمريكى جيل ـ مان الى مدينة دوبنا حيث عقد المؤتمر الدولى لفيزياء الطاقات العالية . وسئل : « هل توجد الكواركات ؟ » ـ أجاب باقتضاب « من يعلم ؟ » .

وعلق الأكاديمى زيلدوفتش على اجابة جيل ـ مان قائلا : « أخشى ان الامر يحتاج الى قلم كاتب لكى ينقل كل ما وضعه العالم فى هاتين الكلمتين المقتضبتين . اذ يكمن فيهما الاحترام العظيم للتجربة التى تقرر المسألة فى النهاية وتقود العلم الى الامام ؛ يكمن فيهما أيضا الشجاعة الذهنية التى يتحلى بها جيل ـ مان والاحساس بالجديد ، والاستعداد لتقبل كل شىء تعطيه الطبيعة ،

وأن يخلق من ذلك نظرية جديدة وأن يخرج الى الحياة تجارب جديدة » .

« الجوقة » الكواركية

يأمل المتفائلون ، مع ذلك ، فى اكتشاف الكواركات ويبررون وثوقهم بما يلى تقريبا « لقد امتد البحث عن النيوترينو وضديد البروتون على مدار ربع قرن ، أما نظرية الكواركات كلها فلم يمض عليها عشر سنوات . فلننظر ما الذى سيظهره لنا المستقبل » .

ان فى هذه الكلمات بعضا من الحقيقة . و يفكر بعض العلماء فى أنه ان لم يتسن اكتشاف الكواركات فى مدينة سيربوخوف فيجب البحث عنها بواسطة معجل مدينة باتافيا حيث تعجل البروتونات الى طاقات قدرها ٤٠٠ جيجا الكترون ــ فولت . وفى حالة الاخفاق يجب ارجاء الابحاث حتى تصنع ماكينة أقوى مما هو موجود .

ولا يجب لوم هؤلاء العلماء واتهامهم بالالحاح الزائد عن الحاجة ، اذ أن الحاحهم يعتمد على أسباب قوية . فاكتشاف الكواركات قد يجبرنا على النظر الى طبيعة المادة بطريقة أخرى . ولحصل على دعامات جيدة أيضا تصنيف الجسيمات الاساسية الذى ينبع بصورة طبيعية جدا من النموذج الكواركى .

وتوجد لدى المتفائلين حقائق معينة . اذ أنه قد اكتشف أن تصادم الجسيمات ذات الطاقة العالية يتم فى كثير من الاحوال

كما لو كانت الكواركات ، التى تتكون منها هذه الجسيمات ، تتصادم مع بعضها بازواج .

بينما يملي الحدس على المتشائم : « ان لا وجود للكواركات ، لهذا لم يكتشفها أحد » .

وبالطبع فان لكل فرد رأيه الخاص . لاسيما و أن الكواركات الحرة لم تكتشف حقا . وقد يحدث أنها لن تكتشف أبدا . وهذا ما تراه مجموعة كبيرة من العلماء . ولكن تتطابق آراء المتفائلين والمتشائمين فى تقييم « فكرة » النموذج الكواركى ذاتها وكل الطريق الثمانى .

فالنظرى المعروف فايسكوبف ، الذى ينظر بارتياب الى الكواركات و يشك فى وجودها ، حكى أثناء حديث مع الصحفيين هذه القصة عن نلس بور . فقد لاحظ بور عند زيارته لبيت صديقه حدوة حصان مثبتة فوق الباب وسأل صاحب البيت ، ما الذى يعنيه هذا .

وأجابه الصديق انها تجلب السعادة .

فسأله بور : — وهل تؤمن بذلك حقا ؟ — أوه ، أنا لا أؤمن ، ولكن يجب أن أقول لك أن هذا يؤثر حتى فى حالة ما اذا لم تكن تؤمن أيضا .

والكواركات أيضا بغض النظر عما اذا كنا تؤمن فيها أم لا فهى أيضا « تفعل فعلها » . فقد « أخرجها » جيل — مان منذ ثمانى سنوات



مضت الى « العالم الكبير » . ومنذ ذلك الوقت و الكواركات تلاقى الاهمال وعدم التصديق وكذلك ومضات الاهتمام الحار وخيبة أمل العلماء التجريبيين . وفى النهاية كسبت التعلق الهادى ، المتزن للنظريين بها .

بيع فى العام الماضى بسرعة فى أحد محلات بيع الكتب كتاب اسمه « نظرية الكواركات» . وبتصفحه وجدنا فورا ما كنا نبحث عنه .

«خلال السنوات الست الاخيرة دخل نموذج الكواركات بثبات فى الفيزياء على الرغم من ان الكواركات نفسها لم تكتشف بعد . وثبتت نظرية الكواركات مواقعها وبالاضافة الى المقالات الخاصة المكرسة للكواركات . يستعمل نموذج الكواركات فى كل الكتب التى

تكتب عن الجسيمات الاولية، كما يرد فى المحاضرات والاستعراضات العلمية فى كل المؤتمرات المتعلقة بفيزياء الطاقات العالية » .

من الصعب التحدث بطريقة أكثر اقناعا عن « القدرة على العمل » لدى الكواركات مثلما فعل ذلك الاستاذ ايفانينكو فى مقدمة الكتاب المذكور . والآن ينحصر السؤال فى شيء واحد : هل تعبر الكواركات بشكل واضح عن الخواص المميزة للجسيمات الاولية أم أن الكواركات نفسها ... جسيمات حقيقية ؟

وبغض النظر تماما عن كيفية الجواب على هذا السؤال ، فقد غدا جليا من الآن ، أن النموذج الكواركى يمثل تربة خصبة لظهور أفكار نظرية جديدة . وتجرى هنا المحاولات لتفسير خواص الجسيمات الخفيفة ، ويتم تطوير نظريات الفيزياء الفلكية وعلم الكونيات .

كتب الاستاذ ايفانينكو : « لقد تماسك نموذج الكواركات بثبات على هيئة « جوقة » و بدون معونته لا يمكن « لعازفى الصولو » أن يعملوا فى الصفوف الاولى » .

صورة فوتوغرافية خاطفة

بينما كان النظريون يناقشون مسألة الكواركات ، أعد التجريبيون لهم مفاجأة عظيمة . فقد بدأ عمل معجل جديد للالكترونات بطاقة ١٧ مليار الكترون ـ فولت فى جامعة ستانفورد .



واصبح ممكنا بواسطة الالكترونات المعجلة الى هذه الدرجة القيام بمحاولة « للنظر » الى اعماق النيوكلونات . وقام الأستاذ بانوفسكى بتجربة خاصة آملا فى أنه سيتمكن من اكتشاف الاجزاء المكونة للبروتون ، لو أنها — بالطبع — موجودة . ولقد اوحى نموذج الكواركات له بفكرة هذه التجربة .

وباعطاء النظريين حق شحذ سلاحهم النظرى فى المعارك النظرية فى المؤتمرات والاجتماعات الدولية قرر التجريبيون « الامساك بالثور من قرنيه » . ان لم يكن من الممكن حتى الآن صنع الكواركات ولا اكتشافها فى الاجسام الكبيرة ، أليس من الممكن محاولة معرفة ما اذا كانت موجودة فى النيوكلونات أم لا . ولكن كيف نفعل ذلك بأفضل طريقة ؟

فى التجارب القديمة التى قام بها هوفشتادتر لتحديد أبعاد

النيوكلونات كان طول موجة « المستكشفين » الالكترونيين كبيرة لدرجة أنه لم يكن من الممكن تمييز التفاصيل ، وتم الحصول على الخطوط العامة للنيوكلونات فقط . اى مثلما يرى المصابون ببعد النظر تفاصيل الشيء الموضوع قريبا من العين . ولذلك فلحل المسألة الجديدة كانت تجدى فقط الالكترونات ذات الطاقات الكبيرة التى طول موجتها صغير . عندئذ وجب أن نعرف كيف تتشتت الالكترونات بعد ان تمنح البروتون جزءا كبيرا من طاقتها . وهذه احدى المسائل الصعبة ، اذ لا يلزم فقط تسجيل الالكترون الطائر بزاوية معينة ولكن قياس طاقته أيضا .

وهكذا عندما تم اجتياز كل الصعاب الفنية أتضح أنه توجد فى أيدى العلماء أرتال طويلة من الارقام التى تثير الكآبة لدى غير المتخصصين. وكانت هذه نتيجة رائعة بالنسبة لتجربة معقدة . ولكن من الخطأ التفكير أنه يكفى للفيزيائى أن يلقى نظرة سريعة على هذه الارقام لكى يهتف : « وجدتها » . كان الجميع تواقين لمعرفة : ماذا اكتشفت الالكترونات السريعة فى النيوكلونات ؟ كيف أعطت طاقتها : هل أعطتها كلها للبروتون فقط أم لأجزاء فقط من البروتون ؟

اما الآن فيجب أن نأخذ في الاعتبار وبأكبر قدر من الدقة الاخطاء الممكنة التى كان يمكن أن تدخلها ظروف التجربة ، كما يجب القيام بالخطوة الاخيرة وهى المعالجة الرياضية للنتائج . وهنا تكلمت الأرقام ، وأى كلام قالت !

« ان البروتون يشبه الكرة و لكنها ليست هلامية « بالوظة » وانما من مربى التوت البرى مع بذوره » بهذا الشكل أورد انطباعه احد النظريين الذين فسروا نتائج بانوفسكى . وقد تم تشتت الالكترونات كما لو كان البروتون يتكون من جسيمات نقطية .

اطلق العالم الفيزيائى النظرى الأمريكى المعروف فينمان عليها اسم « البارتونات » . و هذه الكلمة تتألف من الكلمة الانجليزية « part » والتى تعنى « الجزء المكون » . وتضمنت الفكرة البسيطة المذكورة هاوية غير مكتشفة ليست أقل عمقا من « الكوارك » الغامض .

وفى عام ١٩٦٩ سمع الفيزيائيون فى مؤتمر روتشيستر العالمى المنعقد فى مدينة كييف ولأول مرة بالبارتونات . وقد غرق كثير منهم فى التفكير : هل يمكن أن تتطابق البارتونات مع الكواركات ؟

للأسف لا توجد أجابة دقيقة على هذا السؤال ، اذ أن طبيعة البارتونات غير واضحة اذ يفترض البعض أن البارتونات هى بى — أو كا — ميزونات ويعتقد آخرون أن البارتونات شبيهة بالكواركات . وفعلا اذا ما نسبت اليها الشحنة الكهربية الكسرية فان الحسابات النظرية تتفق جيدا مع التجربة .

ومع هذا لا يمكن اعتبار وجود الكواركات أمرا مثبتا . اذ يعطينا تشتت الالكترونات السريعة على النيوكلونات ، كما يقول فينمان ، « صورة خاطفة » فقط للجسيمات النقطية المكونة للنيوكلون .

ولا يمكن بهذه الصورة الحكم على كيف يجب أن تكون فى الحالة الحرة ، وما هى الصفات التى يجب أن تتميز بها .

يتصف النيوترون المعروف جيدا لنا بصفات مختلفة تبعا لمكان وجوده : فى الحالة الحرة أو ، مثلا ، فى اية نواة ذرية . فالنواة مستقرة أما النيوترون الذى يخرج منها فغير مستقر . ولا تكاد تمر ربع الساعة حتى يتفتت الى بروتون و الكترون و نيوترينو .

ويجب أن يتعرّض الكوارك ذو الشحنة الكسرية و الكتلة الكبيرة للتغير اذا ما وجد فى وقت ما بالحالة الحرة . وهل كومة المطاط المجعدة تشبه البالون المنفوخ الجميل ؟

ولا يعرف ما ستكون عليه البارتونات لو أمكن دراستها بالتفصيل . ويفتح هنا مجال واسع للخيال النظرى .

الأوهـــام الضائعـــة

سار وسط ظلمات المجهول
متتبعا أثر نجمة ساقطة ،
عبر مجاهل ميكانيكا الكم الصاعدة .
وعندما رفع الستار التالى فجأة ،
أخذ حدا آخر و من جديد
خلط بيادق الشطرنج .

ب . أنتوكولسكى

لغز « تيتا – تاو »

سرعان ماكفت الألعاب النارية الرائعة للجسيمات الأولية عن اثارة مخيلة المكتشفين الاولين . و صار تسجيل كل رنينة جديدة – وقد جاوز عدد ها المائة – يولد فى نفوس الباحثين نفس الانفعالات التى تمتلك الممرضة عندما تنظر الى طابور المرضى الطويل .

لوكان هدف و مهمة فيزيا* عالم الجسيمات الدقيقة يتركز فى « تسليم الشهادات » فقط للجسيمات الجديدة المتزايدة لما كان هناك ضرورة لمواصلة الحديث .

كتب فيجنر الفيزيائى النظرى الحائز على جائزة نوبل يقول : « يقوم الانسان باستغلال الأرض ، وهذه العملية متصلة بصورة مباشرة مع توسيع معارفه عن قوانين الطبيعة » . اذن ان هدف العلم ليس فقط اكتشاف ووصف الظواهر و العمليات التى تتم فى الطبيعة، فالأهم هوالبحث عن العلاقات الحتمية فيما بينها .

لقد أكتشفت ودرست قبل عدة مئات من السنين ثلاثة قوانين أساسية للميكانيكا هى: قانون بقاء الطاقة وقانون بقاء النبضة وقانون بقاء عزم كمية الحركة . وترتكز على هذه القوانين الثلاثة للبقاء كل الفيزياء الكلاسيكية .

وباكتشاف النواة الذرية والجسيمات الاولية تغلغل العلماء فى ميدان جديد للطبيعة . اذ كشف هنا لأول مرة قصور بعض قوانين عالم الاجسام الضخمة . فقد كانت تؤثر فى عالم الجسيمات الدقيقة قوانين الكم الخاصة به . كما خضعت الذرات والجسيمات الأولية أيضا الى قوانين البقاء الثلاثة العظمى ، و لكنها كانت توصف لا بواسطة ميكانيكا نيوتن وانما بواسطة ميكانيكا الكم .

و قبل بداية القرن العشرين لم يشك الفيزيائيون فى وجود علاقة مباشرة بين قوانين البقاء الثلاثة وبعض الخواص البسيطة للفراغ والزمن كتجانسهما ووحدة الخواص الفيزيائية فى كل الاتجاهات والتى تسمى بتوحد الخواص .



فقانون أوم للدوائر الكهرباتية يتحقق بشكل رائع فى مدرسة بموسكو كما يتحقق على بعد آلاف الكيلومترات منها فى مدارس الهند . ولم « يعمل » قانون الطبيعة هذا ، مثله مثل أى قانون آخر فيها اليوم جيدا مثلما كان يعمل بالأمس ، ومن المؤكد أنه سيعمل غدا أيضا كاليوم ؟ كل هذا لأن الفراغ والزمن اللذين نعيش فيهما متجانسان . فخواصهما فى كل مكان وزمان واحدة .

اننا لا نعير التفاتا فى بعض الأحيان الى هذا الوضع و يبدو كما لو أنه لا يتعلق بنا . أما مصائر قوانين الطبيعة أن تكون أو لا تكون ؟ — فتتوقف بصورة مباشرة على خاصتى التجانس و التماثل المميزتين للفراغ والزمن .

ان كلمة « التماثل » تقترن عادة بالأشكال الهندسية المتماثلة فقط . ولكن مفهوم التماثل فى معناه العام يرتبط بوحدة مفهومين متضادين ــ البقاء والتغير . التماثل ــ هو بقاء عناصر معينة بالنسبة لتغيرات محددة .

وبعد وضع نظرية النسبية وميكانيكا الكم اتضح بغتة أن القوانين الثلاثة للبقاء التى يخضع لها عالم الأجسام الضخمة و عالم الجسيمات الدقيقة هي نتائج فقط من موضوعات أكثر تعميما وبالذات من : مبادئ تماثل الفراغ والزمن ! ومنذ ذلك الحين تحتل هذه المبادئ الأساسية للطبيعة الدرجة العليا فى سلم الترقى للمفاهيم الطبيعية .

ولم يشك الفيزيائيون فى البداية بصحة هذه المبادئ . ولكن ظهر فجأة ، كالرعد فى السماء الصافية ، لغز « تيتا ــ تاو » كما كتبه الفيزيائيون فى مدونات التاريخ لديهم . و يقود مضمون هذا اللغز الى سؤال واحد : هل هناك جسيم واحد أم جسيمان ؟

كانت الجسيمات الثقيلة الكا ــ ميزونات هى المسئولة عن ظهور هذا اللغز . وفور اكتشاف الكا ــ ميزونات مباشرة استرعت الانتباه الشديد لدى الفيزيائيين واطلقت عليها تسمية « الغريبة » لمقدرتها العجيبة على التولد عند حدوث التأثيرات المتبادلة القوية بين الجسيمات ، كما وانها تتفتت عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة . وفى تلك اللحظات عندما يكون من الممكن ملاحظة الميزونات عرف العلماء عنها

أشياء لاتقل عجبا عن تلك التي يعرفها الصحفي النشيط عن أي نجمة سينمائية مشهورة خلال أشهر عديدة .

فقد اتضح أنه تحت تسمية « كا – ميزون » تكمن ثلاثة جسيمات أولية . بعضها متعادل – كا – صفر – ميزونات ، والاخرى ذات شحنة موجبة – كا – زائد – ميزونات ، والثالثة – كا – ناقص – ميزونات – وهي ذات شحنة كهربية سالبة .

وحدثت القصة الاولى مع كا – زائد – ميزونات . فهي عادة تتفتت الى جسيمات أخف بعدة طرق ، ولم يكن في هذا أي شيء عجيب . ولكن الذي اثار العجب هو الآتي : فتبعا للمفاهيم النظرية كانت طريقتان منهما تبدوان كما لو كانتا تحدثان لا لجسيم واحد وانما لجسيمين مختلفين . وقد استند اغراء نسب طرق التفتت هذه لجسيم واحد الى الحظر الناتج من قانون عام آخر يسمى بقانون بقاء الزوجية الفراغية .

والزوجية – مفهوم رياضي ، ومن الصعب شرحه بواسطة المفاهيم الفيزيائية فقط . الزوجية – هي صفة خاصة للدالة الموجية التي تصف في ميكانيكا الكم وضع الجسيم الاولى . أما قانون بقاء الزوجية الفراغية فيعني أن هذا البارامتر (الكمية المتغيرة القيمة) لا يجب أن يتغير .

ان هذه الكلمات لا معنى لها بالنسبة لغير المتخصص . ولكن نعت « الفراغية » عند كلمة « الزوجية » يشير الى أن هذا القانون

يظهر فى ميكانيكا الكم كنتيجة مباشرة لعدم تغير الفراغ عند انعكاسه المرآوى .

وقد عرف الفيزيائيون فى الماضى ان الانعكاس المرآوى للاحداثيات عند تغيير علاماتها الى النقيض ، واحلال اليسرى محل اليمنى ، لم يمس عالم الجسيمات الدقيقة . فللعمليات الواقعية الجارية فى عالم الجسيمات الدقيقة تماثل فراغى ، أو كما يسمونه P — تماثل . ومن هنا يبدو كما لوثبت أن الطبيعة لا تعرف « يمينها » من « يسارها » .

ولكن اكتشفت أنواع جديدة لتفتت الكا — زائد — ميزونات . وأجبر ذلك الفيزيائيين على التفكير ! فالاعتراف بأن جسيما واحدا يتفتت فى نفس الأحوال كما لوكانت تتغير لديه الزوجية دفعتهم الى الافتراض بأن سبب ذلك هو الاخلال بقانون بقاء الزوجية الفراغية . ولكن كان شيئا رهيبا التفكير فى هذا الاخلال المرتبط بقاعدة التماثل المرآوى الذى ينبع بدوره من تجانس الفراغ .

لذلك فقد قرر الفيزيائيون أعتبار أنه لا يوجد نوع واحد من الكا — زائد — ميزونات تتفتت بطريقتين ، وانما يوجد نوعان اثنان بزوجية متناقضة ، و هما يتفتتان بطريقتين مختلفتين . واطلقت عليهما تسمية تيتا — ميزونات وتاو — ميزونات .

بدا كما لو أن الحادث قد تمت تسويته ، ولكن لم يجلب هذا لا للنظريين ولا للتجريبيين الهدوء . فلقد تعود العلماء على التوغل

حتى جوهر الشيء ، دون ان يبقوا على عدم الوضوح والتحفظ فى الكلام . وكان لهم هذا و ذاك .

لم يكن أحد يفهم لم تتفتت بطريقتين مختلفتين التاو — ميزونات والتيتا — ميزونات التى لا يمكن التمييز بينهما بالتجربة ، و ذات الكتلة الواحدة ، وزمن الحياة الواحد ؟ ربما هما جسيم واحد ؟ ولكن يتحطم عندئذ اليقين فى رسوخ القواعد الاساسية للتماثل .

ذكر احد العلماء : « ان الوضع الذى وجد الفيزيائيون أنفسهم فيه فى ذلك الوقت يشبه وضع انسان يتلمس طريقه للخروج من حجرة معتمة ، فهو يعرف أنه فى مكان ما لا بد و أن يوجد الباب الذى يؤدى الى الخارج ، و لكن فى أى اتجاه يقع هذا الباب ؟»

وقد أمكن ايجاد « المخرج » فى عام ١٩٥٦ فقط . وكان اول من « فتح الباب » هما الفيزيائيان الأمريكيان لى تسون — داو و يانج تشين — نيم ولكنهما خرجا من هذا الباب — كما بدا ذلك للجميع — بأسوأ طريقة . فقد « مسحا » الكلمتين « تيتا » و « تاو » وأعلنا أنه يوجد نوع واحد من الكا — ميزونات ذو شحنة كهربية موجبة .

كان ذلك تصريحا ينم عن شجاعة فائقة ، اذ انهما بذلك قد عرضا للشك القانون الراسخ حتى الآن عن بقاء الزوجية الفراغية . ولقد أعلنت الفرضية الجديدة بجسارة أنه عندما يتفتت الكا — ميزون لدى التأثيرات المتبادلة الضعيفة يجرى خرق التماثل المرآوى للفراغ ؟

وهذا يعنى أن الفراغ غير متجانس ؟ ! وكان من المستحيل تصديق ذلك . اذ أن كل التجارب الاخرى أثبتت الالتزام الصارم بقانون المحافظة على الزوجية فى الظواهر الذرية وفى التأثيرات المتبادلة القوية بين الجسيمات !

كان لى و يانج أول من ادرك أن كل مراجعة لمبدأ التماثل المرآوى « يمكن أن تكون بلا قيمة فى هذا المجال الذى لم يبحث بعد ، حيث توجد العلاقات المتبادلة الضعيفة ، والتى تقترب من الزوال » .

ان اكتشاف وجود التفاعلات المتبادلة الضعيفة فى الطبيعة والتى هى أضعف بمائة مليار مرة من التأثير المتبادل الكهرومغناطيسى ، قد رافقها شك مؤقت فى صحة قانون بقاء الطاقة . هل تذكر فى أى ظروف أكتشف واعلن عن وجود النيوترينو ! والآن ها هو ذا التأثير المتبادل الضعيف يعتدى على مبدأ آخر من مبادىء الطبيعة الأساسية .

ويذكر الفيزيائى النظرى المعروف دايسون أنه قرأ مقالة يانج ولى فى النسخة المكتوبة بخط اليد مرتين ، وقال « ان هذا شيق جدا » ، او كلمات أخرى من هذا النوع . « ولكن لم يسعفنى الخيال لكى اهتف « ياربا ، لو كان هذا صحيحا » ، فانه يفتح مجالا كاملا جديدا فى الفيزياء ! » وأنا أعتقد أن كل الفيزيائيين الآخرين باستثناء عدد قليل منهم ، قد حرموا فى ذلك الوقت من الخيال بهذا الشأن ، مثلى » .

وحتى الفرضية التى لا تثير اى اعتراض ، والمحلقة فى الهواء ، لا تحصل على حق المواطنة الى أن تثبت عمليا . فماذا يمكن القول عن هذه الفكرة التى قوبلت باعتراضات شديدة .

كل شيء يجب أن تقرره التجربة التى يختبر فيها بصورة مباشرة التماثل المرآوى للفراغ .

رحلة الى ما وراء المرآة

يؤمن الكثيرون أنهم يرون فى المرآة صنوهم . ولكن لو أننا نظرنا الى الصورة المنعكسة بامعان فمن السهل ملاحظة كم تختلف بشدة عن الأصل . ففى الانعكاس المرآوى ترتفع قليلا زاوية الفم اليمنى وليست اليسرى أما الأنف فينظر فى اتجاه آخر ، وصار اليمين يسارا و اليسار يمينا ، ويوجد القلب لدى الانسان داخل المرآة الى اليمين أما الطحال فالى اليسار .

الانسان شيء غير متماثل . فينعدم لديه التماثل الفراغى ولذلك فلن يقابل فى البلدة الخيالية « وراء المرآة » صنوه المماثل له تماما .

أما فى عالم الجسيمات الأولية فقد بدا للفيزيائيين أن كل العمليات تنطبق مع صنوها المرآوى .

الآن وبعد ظهور فرضية لى ويانج كان لابد من اجراء « مواجهة الشهود » : اى عملية تفتت – بيتا المشع للنواة (الأصل) مع صورته المرآوية . ولقد كانت عملية تفتت كا – زائد – ميزونات غير مريحة لمثل هذه المراجعة نظرا لقصر زمن حياتها وهو 10^{-10} ثانية .

ووجب لغرض الحصول على الكا ــ ميزونات و دراستها استخدام معجل ذى طاقة فوق عالية ، وأجهزة ضخمة لتسجيل العمليات النووية . وباستخدام هذه الاجهزة والمعدات الضخمة ظهر اللغز الشهير « تيتا ــ تاو » .

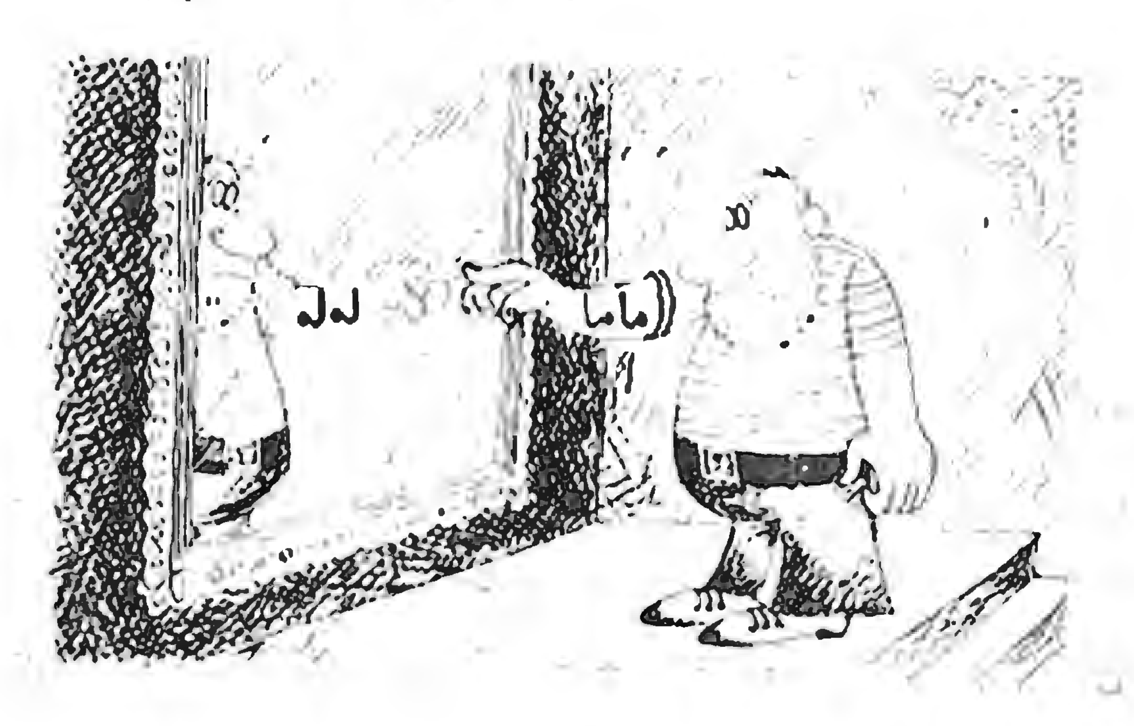
ولقد وجد حل هذا اللغز فى تجربة بسيطة و دقيقة جدا ، وكما يقول الفيزيائيون ــ على الطاولة ، أى تجربة أجريت فى المختبر بعيدا عن المعجل . ووقع الاختيار على التظير المشع للعنصر الكيميائى الكوبالت . وهو يعرف جيدا بأنه أعطى تسمية للجهاز الطبى ــ المدفع الكوبالتى .

عرف منذ زمن بعيد أنه نتيجة للتأثير المتبادل الضعيف فى نواة الكوبالت عند تفتته البيتى تتحول النيوترونات طوعا الى بروتونات ، وفى نفس الوقت تنبعث من النواة الالكترونات و النيوترينو ، وتعقبها كمات ــ جاما ، تلك التى تستخدم لعلاج المرضى . وعندئذ تنبعث الالكترونات فى الغالب بمحاذاة محور العزم المغناطيسى للنواة . اعتبر الفيزيائيون قبل عام ١٩٥٦ أن كلا الاتجاهين بمحاذاة المحور متساويان ــ ذهابا و ايابا ــ فالفراغ متجانس ! وعدد الالكترونات الذى يخرج الى اليمين يساوى عدد الالكترونات الذى يخرج الى اليسار . أى أنهم كانوا يعتبرون عملية التفتت البيتى لنواة الكوبالت متماثلة مرآويا . ولكن تولد الشك بعد التجارب على الكا ــ ميزونات . ووجب اختبار كل شىء بالتجربة . ولكن كان

يمكن اجراء التجربة فقط في حالة ما اذا أمكن وضع كل نوى الكوبالت بطريقة بحيث تنطبق كل العزوم المغناطيسية لها مع اتجاه المجال المغناطيسى الخارجى الذى يصنعه الملف . ولم يبق عندئذ سوى مقارنة عدد الالكترونات التى تقع فى العداد فى اتجاه واحد للمجال الخارجى مع عدد الالكترونات فى الاتجاه المعاكس للمجال . وكان هذا ، فى الواقع ، مراجعة لوجود التماثل المرآوى لتفتت – بيتا المشع للكوبالت .

و لكن النوى الذرية ليست ككرات اللعب يمكن وضعها بدون مجهود كبير .

وربما توجد هناك طريقة أخرى لتوجيه النوى ؟ لقد أحسن أحد العلماء القول حينما أكد على أن « اليد » الوحيدة التى يمكن



بواسطتها ادارة نواة الذرة - هو عزمها المغناطيسي . ولكن هذه اليد مثبتة بقوة بالعزم المغناطيسي لكل الذرة بحيث أنه لا تمكن ادارتها الا بادارة كل الذرة .

استمر التحضير للهجوم على لغز « تيتا - تاو » نصف عام . ففي جهاز تجميد خاص توقفت ذرات الكوبالت المجمدة حتى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الصفر المطلق بدرجة واحدة . ولم يعد في مستطاع الحركة الحرارية أن تعاكس المجال المغناطيسي الخارجي من أن يصدر أوامره « للاستعراض » الذرى .

وقد أشرفت على هذه التجربة العالمة الأمريكية الدكتورة فوتسيان - سيون من جامعة كولومبيا . روى بعد ذلك ف . دايسون : « انى أذكر كيف قابلت يانج في أكتوبر عام ١٩٥٦ و قلت له : « سيكون شيئا عظيما ، مع هذا ، لو أعطت تجارب فو أية نتيجة طيبة » فأجاب : - « نعم ، سيكون شيئا عظيما » . وواصل اعداد حساباته في نظرية الغازات غير المثالية . وأعتقد أنه حتى نفسه لم يكن يفهم بوضوح آنذاك عظمة هذا الشيء » .

واستمرت تجربة فو التي تم التحضير لها طيلة نصف عام مدة خمس عشرة دقيقة فقط . فما أن بدأ الفيزيائيون في تشغيل الاجهزة حتى فهموا في الحال أنه عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة يختل مبدأ التماثل المرآوي للفراغ . فقد خرجت الكترونات أكثر بكثير في

عكس اتجاه المجال المغناطيسى مما خرج فى اتجاه المجال .

لم تتم الرحلة الى ما وراء المرآة . شيء عجيب ! اذ فرّق التأثير المتبادل الضعيف ما بين الاتجاهين الأيمن والايسر . و عمل انطلاق الالكترونات الغالب فى أحد الاتجاهات المكتشفة فى التجربة ، كما هو الحال فى علامات عدم التماثل لدى الانسان ، استبعد تكون الصنو المرآوى لعملية تفتت – بيتا للنوى الذرية . وفى الواقع فانه فى المرآة العادية ، ولنسميها «P – مرآة» ، ظهر تفتت – بيتا للنواة بشكل آخر : فقد انطلقت فيها الالكترونات فى أتجاه العزم المغناطيسى للنواة بصورة اساسية . و لكن هذه العملية لا توجد فى الطبيعة .

من الصعب وصف القلق الذى اصاب الفيزيائيين . فحاول النظريون ادراك النتيجة الحاصلة . وأقبل التجريبيون على دراسة عمليات أخرى متصلة بالتأثير المتبادل الضعيف ، والتى لم تختبر بعد بشأن « صحة » مبدأ التماثل المرآوى . اذ لم ينطفئ بعد الأمل فى أن النتيجة المارقة التى ظهرت فى تجربة تفتت – بيتا لن تثبت فى ظواهر أخرى .

ولكن أدت كل القياسات الى نتيجة واحدة . ففى التأثيرات المتبادلة القوية ، كان مبدأ التماثل المرآوى ثابتا ، بينما لا يفعل فعله فى حالة التأثيرات المتبادلة الضعيفة .

ولأول مرة كشفت الفيزياء الذرية عن الاستعمال المحدود لبعض

قوانين ميكانيكا نيوتن . وها هو ذا قد اكتشف فى عالم الجسيمات الدقيقة لا شمولية و محدودية المبدأ الأساسى لتماثل الفراغ .

والآن ، كيف يمكن تصور فراغنا؟

أصحيح حقا أن تجانسه المثالى و تماثله مجرد أوهام ؟ وكيف يمكن توفيق هذا مع حقيقة أن كل العمليات فى عالم الجسيمات الاولية تخضع لقانون بقاء النبضة ، الذى هو نتيجة لتجانس الفراغ ؟

أولى « الضحايا »

تبين أن لى و يانج كانا على حق ، اذ يوجد فى الطبيعة نوع واحد من الكا ـ زائد ـ ميزونات لا يخضع تفتتها فى بعض الأحيان لقانون بقاء الزوجية الفراغية . واختل مبدأ الـ P ـ تماثل المرآوى عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة . وحرم على التأثيرات المتبادلة الضعيفة ، كما هو الحال بالنسبة للظواهر غير المتماثلة مرآويا ، الدخول الى ما وراء المرآة . ولكن لم يكد يفيق الفيزيائيون من هذه الصدمة ، و ما كادوا يمعنون الفكر فى المسائل الناجمة ، حتى انقض عليهم خبر جديد .

فقد اكتشف التجريبيون أن التفتت الاشعاعى البوزيترونى لنظير آخر للكوبالت ، والذى ينطلق عنده من النواة ضديد الالكترون وهو البوزيترون ، يتم بطريقة أخرى غير التى يتم بها التفتت الالكترونى : اذ أن البوزيترونات تنطلق فى اتجاه معاكس .

وأثر الخبر الجديد على العلماء بما لا يقل عن تأثير الخبر الأول . ولكن ما الذى اثار قلقهم هكذا ؟ ولماذا يجب أن يحدث التفتت البوزيتروني للنوى كما يحدث التفتت الالكتروني ؟

لكن كيف لا يصيب العلماء القلق اذا كان أحد المبادئ الأساسية لفيزياء الجسيمات الأولية ، قد أكد التطابق التام لهاتين العمليتين ووحدتهما ، وهو مبدأ تماثل الشحنة أو ال C — تماثل (من الكلمة الانجليزية « charge » — شحنة) .

كتب أوكون : « منذ أربعين سنة مضت كانت تبدو فكرة ال C — تماثل الشحنية لمعادلات الفيزياء غريبة حتى لمؤسسى ميكانيكا الكم انفسهم . ولكن كل تركيب المعادلات الأساسية كان يطالب بمثل هذا التماثل . وأكدته بصورة باهرة كل الاكتشافات التى تمت فى تجارب ضديدات — الجسيمات » .

تقول النظرية « ان العمليات المتشابهة التى تشترك فيها الجسيمات و ضديدات الجسيمات — تتم بشكل واحد » . ولكن النظرية شيء والعمل شيء آخر اذ ان التجارب على الالكترونات و البوزيترونات المنطلقة فى العمليات المناظرة للتفتت الاشعاعى للنوى ، اظهرت للعلماء أن الأمر ليس كذلك . فقد تبين أنه فى التأثيرات المتبادلة الضعيفة لا ينعدم التماثل المرآوى للفراغ فقط ولكن التماثل الشحنى أيضا ! وقد يسأل أحد القراء « ولكن كيف امكن أن تضع فى المبدأ شيئا لم تتم مراجعته بالتجربة ؟ » .

وهنا تكمن المسألة ، اذ قد تمت مراجعته بالتجربة ، وتمت المراجعة لا مرة واحدة و لكن عدة مرات ، غير ان المراجعة كانت تتم فقط بدون اشتراك التأثيرات المتبادلة الضعيفة . وقد ظهر هذا التناقض الظاهرى الذى تخفى عن الفيزيائيين فقط فى التجارب التى درست فيها العمليات التى تخضع للتأثير المتبادل الضعيف .

اذا ما بدا للجميع ان الاخلال بالتماثل المرآوى مرتبط بالخواص غير العادية للفراغ نفسه ، وأن الجسيمات ليس لها شأن بهذا على ما يبدو ، فان الاخلال بتماثل الشحنة قد مس بصورة مباشرة خواص المادة نفسها . اذ أن الالكترون هو لبنة بسيطة للمادة العادية ، اما البوزيترون فهو لبنة بسيطة لضديد المادة . وقد طرحت هذه التجارب امام العلماء سؤالين عملاقين . الأول — يتعلق بخواص الفراغ ، وأما الثانى فيتعلق ، على ما يبدو ، بالاختلاف ما بين الجسيمات وضديداتها . وبدون الاجابة على هذين السؤالين لا يمكن التقدم الى الامام .

و مع هذا استطاع الفيزيائيون بعد مضى فترة من الزمن حل هذه الشلة المعقدة جدا من المشاكل . فلنتصور أنه توجد مرآة غير عادية ، سنسميها « بالشحنية » أو « C — مرآة » وفيها تبدو الجسيمات كضديدات الجسيمات . عندئذ تبدو الالكترونات المنطلقة عند التفتت الاشعاعى للنواة أمام هذه المرآة ، تبدو فيها لا « الالكترونات المرآوية » و انما بوزيترونات ، تطير فى نفس

٩٠

الاتجاه الذى تطير فيه الالكترونات . والصورة المنعكسة الحاصلة – اى الانعكاس المرآوى لعملية حقيقية – لا زالت « بدون حياة » ، بدون حياة بمعنى أنها لا تشبه أى عملية موجودة واقعيا فى الطبيعة . وعندئذ ينتج أن « C – مرآة » لا تعمل أيضا عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة .

ولكن ألم نقابل شيئا من هذا القبيل عندما استعملنا الـ « P – مرآة » العادية . وكانت الصورة فى هذه المرآة تشكو من نقص آخر : اذ بقيت الالكترونات على حالها ، غير انها انطلقت فى اتجاه عكسى « غير صحيح » . وماذا لوأستعملنا هاتين المرآتين غير الصالحتين ، في وقت واحد ، فكيف ستبدو العملية ؟

لقد تبين أن الالكترونات فيها تصبح بوزيترونات و تنطلق فى الاتجاه « غير الصحيح » بالنسبة للالكترونات ، ولكنه اتجاه مشروع بالنسبة للبوزيترونات . وهذا ما نريده فقط . اذ أصبحت الصورة المعكوسة فى الـ « CP – مرآة » صورة حية تماما . وهى تشبة تماما العملية الجارية فى الواقع – التفتت البوزيترونى الاشعاعى للنوى الذرية .

وهكذا فان الـ « CP – مرآة » الثنائية التى « اخترعها » العالم الفيزيائى النظرى السوفييتى العظيم و الحائز على جائزة نوبل ليف لانداو ، تغير احداثيات العمليات المنعكسة عليها الى احداثيات عكسية ، وفى نفس الوقت تتحول الجسيمات الى ضديداتها . وبعد

المراجعة التجريبية الدقيقة اتضح أن هذه المرآة الثنائية تعمل فى كل العمليات بما فى ذلك العمليات التى تنبع من التأثير المتبادل الضعيف .

ما الذى حدث ؟ لقد كان مبدأ التماثل المرآوى للفراغ والتماثل الشحنى — يعتبران من المبادئ الاساسية للطبيعة . والآن بعد أن نزعت الثقة بهما اضطر العلماء لرفضهما واعلان مبدأ واحد هو مبدأ الـ CP — تماثل الذى يوافق كل أشكال التأثيرات المتبادلة بما فى ذلك الضعيفة .

ان العمليات المتصلة بالتأثير المتبادل القوى ، والمتماثلة بالنسبة للانعكاس المرآوى للاحداثيات وتغير الجسيمات الى ضديدات ، تخضع لمبدأ الـ CP — تماثل .

ولكن معنى المبدأ الجديد بالنسبة للتأثيرات المتبادلة الضعيفة هو أنه فى أى عمليات مثل هذه ، لا تتغير فقط اشارة الاحداثيات الفراغية ، ولكن يحدث أيضا تغير الجسيمات الى ضديداتها . قال الشاعر بوشكين : « عندما يسير يمينا — ينشد انشودة ، وعندما يعرج الى اليسار يقص حكاية » . فكما لو كانت الطبيعة تطالب بأن « تتغير الاسطوانة » فى التأثيرات المتبادلة الضعيفة عند الانتقال من اليمين الى اليسار أى يتم الانتقال من نوع ما للمادة الى نوع آخر .

واتضح أن اليمين واليسار مرتبطان بالمادة وضديداتها ، ويرتبط الاختلاف ما بين الاتجاهين بالاختلاف ما بين الجسيمات وضديداتها .

9—1531

هذا هو جواب العلماء على السؤالين العسيرين الناجمين عن حل لغز « تيتا – تاو » . فالفضاء الخالى المنعكس فى المرآة العادية وفى « CP – مرآة » يبقى متماثلا ومتجانسا . ولو حدث ان فقد ظاهريا للتماثل المرآوى فى التأثيرات المتبادلة الضعيفة ، فان الذنب فى هذا لا يقع على الفراغ ولكن يقع على الجسيمات ذاتها .

ان الموضوعة الاساسية فى المادية الدياليكتيكية عن وحدة خواص الفراغ والمادة قد تأكدت مجددا بشكل ملموس فى فيزياء الجسيمات الاولية .

وأود الاشارة الى أن العلماء اولوا عناية للرابطة ما بين الخواص الهندسية – الفراغية – للمادة وخواصها الفيزيائية لأول مرة فى منتصف القرن الماضى . وقد برزت هذه المسألة فى علم البلورات . اذ حار كبار علماء البلورات من الحقيقة التجريبية المعروفة جيدا : وهى أن لبعض المواد المتطابقة كيميائيا خواص ضوئية مختلفة . لماذا ؟

كتب تشارلز بان عالم البلورات الكبير المعاصر فى كتابه « البلورات ودورها فى الطبيعة والعلم » يقول : « برزت فى عقول دارسى هذه القضية شكوك مؤلمة تصاحب فى كثير من الأحيان الاكتشافات الجديدة » .

ولقد اهتم العالم الفرنسى لوى باستير فى شبابه بالقضية فكتب يقول : « لم أكن قادرا على تصور أنه من الممكن لمادتين شبيهتين

لدرجة التطابق الكامل ان لا تكونا مادة واحدة . وما ان أنهيت المدرسة العالية العادية حتى قررت اعداد بلورات أكثر كى أدرس أشكالها » . وبعد ذلك بقليل اكتشف باستير أن المواد المتطابقة كيميائيا تتكون من بلورات موجهة فى الفضاء بطرق مختلفة .

وقد اتضح أن هذه البلورات هى صور مرآوية لإحداها منعكسة فى صورة الاخرى . ولم تتطابقا وتغاير نشاطهما الضوئى . وكتب بان يقول : « ان اكتشاف الاحماض الطرطيرية اليمنى واليسرى (ويرجع الفضل فى ذلك الى باستير) قد ساعد على خروج الجزيئات من نطاق التأملات الغامضة الى عالم الهندسة الملموس جدا » .

وما يهمنا الآن أكثر من أى



شيء آخر ذلك الجانب من هذه القصة المنحصر فى أنه اكتشفت عندئذ لأول مرة فى العلم تبعية خواص المادة لاتجاهها الفراغي .

بعد مرور مائة عام اصطدم العاما" مرة أخرى ليس فى فيزيا" الأجسام الضخمة و لكن فى عالم الجسيمات الأولية بالمشكلة المتعلقة بخواص الفراغ وخواص المادة فى آن واحد . ولكن هذه المشكلة كانت أصعب بمراحل نظرا لأنه شاركت فيها الجسيمات وكذلك ضديداتها .

وبينما لاحظ لوى باستير الارتباط ما بين خواص المادة المتجهة الى اليمين والمادة المتجهة الى اليسار (البلورات اليمنى و اليسرى) ، فان عالم الجسيمات الأولية كان يمثل امكانية فريدة لاكتشاف الارتباط بين خواص المادة المتجهة الى اليمين وبين خواص ضديدات المادة المتجهة الى اليسار .

ويحاول الفيزيائيون الفلكيون بواسطة الاشعاعات الكونية المختلفة اكتشاف ضديدات للعوالم فى الفراغ ما بين النجوم . ويقابل كتاب القصص العلمية الخيالية ابطالهم مع كائنات قادمة من ضديد العالم الخفى .

والى الآن لا يعرف هل يوجد ضديد للعالم المماثل تماما لعالمنا . ولكن العلاقات المتبادلة الضعيفة عبر الاخلال بالتماثل الفراغى والشحنى قد ربطت ما بين اللبنات الأولية للمادة و ضديدات المادة . والتشابه ما بين مبدأ CP ـ التماثل و « CP ـ المرآة » المزدوجة

يفرض نفسه بنفسه . ولكن أى مرآة هذه ؟ انها تذكرنا « بنافذة على ضديد العالم » .

ولو نظرنا الى هذه المرآة مع النيوترينو ، لأمكننا رؤية ضديدات النيوترينو فيها وهو : جسيم بلا كتلة وبلا شحنة كهربية ، ويتميز فقط بعزم خاص لكمية الحركة ناجم عن دورانه . ولكن اتجاه دوران النيوترينو فى المرآة يتغير الى العكس ، و يصبح كما هو لدى ضديدات النيوترينو . وكالحسناء المفتونة فلن « يرى » هذا الجسيم نفسه فى المرآة .

حسنا ، والالكترون ؟ ماذا يرى الالكترون فى ال « CP — مرآة » وهو ينطلق من النواة المشعة ؟ يرى الالكترون ضديده — البوزيترون .

الكوكتيلات الكاونية

فى أغسطس عام ١٩٦٤ وصل إلى مدينة دوبنا ، الكائنة قريبا من العاصمة موسكو ، و حيث يوجد المعهد الموحد للدراسات النووية ، وصل علماء كثيرون من المختبرات والمعاهد العلمية من جميع أنحاء العالم ، الى المؤتمر العالمى الدورى لفيزياء الطاقات العالية .

وعادة ينتظر العلماء بفارغ الصبر اى استعراض جديد للقوى الموحدة للنظريين والتجريبيين . فيمكن فيه للعالم ان يناقش النتائج

الأخيرة ، التى حصل عليها ، مع زملائه من البلدان الاخرى . كما يمكنه هنا ان يطلع على آخر الاخبار العلمية التى لم تنشر بعد .

واراد البعض مقابلة مؤلف نظرية الكواركات جيل ـ مان الذى عاش انتصار الطريق الثمانى بمناسبة اكتشاف الجسيم أوميجا ـ ناقص ـ هيبرون مؤخرا . وحلم البعض الآخر فى سماع شىء جديد عن التجارب على النيوترينو .

ولكن اثارت اهتمام الجميع بدون استثنا‌ء الاشاعات حول الكشف الجديد الذى سيعلنه علما‌ء جامعة برينستون فى الولايات المتحدة الأمريكية . وعادة تكون الاشاعات عن المفاجآت المثيرة مبالغا فيها . ولكن فى هذه المرة تحققت توقعات الصحفيين والخبرا‌ء .

كان يبدو أنه لا يوجد شىء ينم عن المفاجأة المثيرة . فقد أكدت السنين التى مرت بعد اكتشاف اختلال قانون بقا‌ء الزوجية للفيزيائيين بصورة أكثر حيوية التصورات الجديدة عن خواص الفراغ والمادة وضديدات المادة .

استقبل الفيزيائيون عام ١٩٦٤ الجديد فى هذا الجو الهادى‌ء الذى نم عن السعادة والهنا‌ء . ولم يتوقع أحد أنه فى هذا العام بالذات ، سينمو فجأة وسط « حوض زهور » نتائج التجارب ، المعتنى به جيدا تعقيد جديد يتمثل بغصن توت برى شائك وقبيح المنظر هو الاخلال بمبدأ ال CP ـ تماثل .

ترك اقوى الانطباعات تقرير العلما‌ء الأمريكيين عن التجربة

الجديدة على الكا ــ ميزونات المتعادلة . فلقد « هددت » الجسيمات « الغريبة » مرة أخرى أسس نظرية الكم الحديثة .

وقال بالدين العضو المراسل لاكاديمية العلوم السوفييتية مدير معمل الطاقات العالية بالمعهد الموحد للدراسات النووية أن تجربة الباحثين الامريكيين « قد أعطت الحد الاقصى للمعلومات حيث أنها غيرت تصوراتنا الأساسية . فالتأثير المكتشف لا يمكن ادخاله فى النظرية الحديثة الى درجة كبيرة ، لذا يبقى بصفته الحدث الرئيسى فى الفيزيا، خلال السنوات الماضية » .

ولكن ما الذى كشفه العلماء ؟ قبل أن نعرف ذلك لنتعرف عن قرب على الكا ــ ميزونات المتعادلة ــ تلك الجسيمات المثيرة للاعجاب فى عالم الجسيمات الدقيقة ، والحربايات الحقيقية فى عالم الجسيمات الاولية .

لنأخذ جهازا حساسا بالنسبة لهذه الجسيمات فقط ، ولنضعه أمام مخرجها مباشرة من المعجل . بعد عدة ساعات من القياسات سنعرف أن الكا ــ صفر ــ ميزونات تعيش ١٠ ^١٠ ثانية فقط وأنها تتفتت الى بى ــ ميزونين .

والآن ، لنبعد الجهاز الى مسافة عشرين مترا . ما الذى يجب أن يسجلة هذا الجهاز ؟ قد يتراءى لنا أنه لا يجب أن يسجل شيئا ! فخلال زمن الحياة القصير جدا لا تستطيع الكا ــ صفر ــ ميزونات المقاسة ، ولو أنها انطلقت بسرعة الضوء ، أن تطير أكثر من

عدة سنتيمترات ، تطيرها ثم تموت . بعد ان تتفتت الى بى — ميزونات .

ولكن الجهاز الموضوع على بعد عشرين مترا عن المعجل استمر فى عد الميزونات المتعادلة التى يكون طول عمرها ٦٠٠ مرة أكثر من سابقاتها ، نظرا لأنها استطاعت أن تطير حتى الجهاز . وبالاضافة الى ذلك فان هذه الميزونات طويلة العمر لا تتفتت الى بى — ميزونين ولكن الى ثلاثة بى — ميزونات . وهذا يعنى أن سيل الجسيمات المتولدة عند تصادم البروتونات ذات الطاقة الكبيرة يتكون من نوعين من الكا — ميزونات المتعادلة .

ولكن هذا ليس كل شيء . فما أن نسى المجرب شيئا أمام العداد الذى يعد الكا — ميزونات طويلة العمر حتى حدثت الأعجوبة : اذ أن الجهاز يبدأ مرة اخرى فى تسجيل الكا — ميزونات قصيرة العمر . وهى كتلك التى سجلت عند مخرج المعجل تتفتت أيضا الى كا — ميزونين !

ويمكن تعليل الأعجوبة بسهولة . اذ أنه اتضح أن الميزونات طويلة العمر عند اصطدامها بالمادة تتحول الى كا — ميزونات قصيرة العمر . ولا يحمل أى جسيم من الجسيمات المعروفة لدينا مثل هذه الخاصية . اذ أن النيوترونات والبروتونات أو البى — ميزونات لا تغير من خواصها بتاتا عند اصطدامها بالمادة .

وفى جدول الجسيمات الأولية يحتل كل ساكن من سكان عالم

الجسيمات الدقيقة لا أكثر من سطرين . أول سطر ينسب للجسيم ، أما السطر الثانى فينسب لضديد الجسيم ولكن الكا ـ ميزونات المتعادلة و حدها استطاعت أن تحتل أربعة أسطر مرة واحدة .

الأول ، كما هو واجب ، يحتله الميزون المتعادل (كا ـ صفر) والثانى يحتله ـ ضديد كا ـ صفر ـ ميزون . وفى المكان الثالث يوجد الكا ـ صفر ـ ميزون قصير العمر المعروف لنا . وأخيرا يحتل المكان الرابع الكا ـ صفر ـ ميزون طويل العمر .

ومهما حاول التجريبيون فانهم لم يتمكنوا من اكتشاف ضديدات الكا ـ صفر ـ ميزون فى الطبيعة . ولم يكن فى ذلك أى شىء عجيب . اذ لا توجد ضديدات للفوتون ولا توجد أيضا ضديدات للبى ـ ميزون المتعادل . فهذه الجسيمات تبعا للنظرية أيضا يجب ان تطابق تماما « أقرباءها الضديدات » .

ولكن عندما وضع جيل ـ مان تصنيفه للجسيمات الأولية ، نتج عنده أن الكا ـ صفر ـ ميزونات يجب ، مع هذا ، أن تختلف عن ضديدات الكا ـ صفر ـ ميزونات . ولقد سأله أ . فيرمى الثاقب النظر فورا « كيف يمكن ان تصور لنفسك الكا ـ صفر والضديد كا ـ صفر مختلفين اذا كانا يتفتتان بطرق غير مختلفة ؟ »

وكتب بونتيكورفو فى مذكراته « كما يتضح الآن فان هذه الكلمات تتضمن حدسا عميقا للخواص المزدوجة للكاونات المتعادلة» . (يسمى الفيزيائيون الكا ـ صفر ـ ميزونات بالكاونات) .



نادرا جدا ما تتقابل الجسيمات و الضديدات مع بعضها البعض . اذ يتقابل جزء غير كبير فقط من البروتونات أو الالكترونات مع ضديداتها . ويوضح هذا بأن المادة وضديداتها تكون دائما مفصولة فى الفراغ . وفقط فى لحظة مقابلتهما الاولى (والأخيرة) فى الحياة تصنع بعض الجسيمات و ضديداتها لمدة قصيرة نظاما مترابطا . وهكذا فان الالكترون والبوزيترون يلحقان قبل فنائهما بشكل ذرة — بوزيترونيوم — فى مساعدة العلماء على حل بعض المسائل الكيميائية .

ولكن انعدم وجود ضديد الكا — صفر — ميزون فى الاشعة الكونية وكذلك وسط الجسيمات المتولدة فى المعجلات . لكن النظرية أصرت على انه يجب أن يوجد ! — وتوالت التجارب واستمر البحث الدؤوب . واستمرت التجارب الى أن فهم الفيزيائيون

مرة أنه لا يوجد شيء للبحث عنه . كان كل شيء بسيطا و في نفس الوقت شيئا فريدا بدرجة خيالية .

يبدو أن التأثيرات المتبادلة الضعيفة قد « قربت » ما بين العالم وضديد العالم . فقد تم ربط الاخلال بالتماثل المرآوى للفراغ مع الاختلاف ما بين الجسيمات وضديداتها ، وعلى سبيل المثال ، اشارة الشحنة الكهربية . اذ يتعايش العالم وضديده جنبا الى جنب في الكا - ميزونات المتعادلة حتى لحظة تفتتها ، اذ أنها لا تمثل شيئا غير خليط من الجسيمات وضديداتها . وليس خليطا واحدا وانما خليطان . اى حالتان منسقتان بدقة ذات كتلة معينة ، و ذات زمن حياة ثابت ، و ذات خصائص كمية أخرى . وسمى العلماء أحد الخليطين بالكا - ميزونات المتعادلة قصيرة العمر ، وسمى الخليط الآخر بالكا - ميزونات طويلة العمر .

ولقد اظهرت هذه « الكوكتيلات » بالذات التي حضرتها الطبيعة بعناية من مكونين واحدين ، أظهرت عدم اتفاقها مع مبدأ الـ CP - تماثل.

مسرح الممثل الواحد

بم يمثل عنصر الاثارة في الكشف الذى اعلن في دوبنا في المؤتمر الدولى ؟

درس الفيزيائيون الامريكيون : كريستنسون وكرونين و فيتش وتورليه في جامعة برينستون خواص الكا - ميزونات طويلة العمر

المتولدة فى المعجل . ووضع العلماء جهازهم على بعد عشرين مترا من مخرج قناة الميزونات ، لكى يتخلصوا تماما من كل الكا – ميزونات السريعة التفتت والقصيرة العمر .

ولاحظ الفيزيائيون أثناء العمل أنه من النادر – مرة واحدة من ٥٠٠ تفتت عادى – أن تخل الكاونات بالحظر المفروض بواسطة مبدأ ال CP – تماثل ، وتتفتت الى بى – ميزونين . وتبعا للقوانين فلم يكن لها حق « القيام بهذا . ولكن الفيزيائيين الامريكيين لاحظوا مثل حالات التفتت هذه بالذات . وهذا يعنى أن ال « CP – مرآة » لا تعمل أيضا ؟

ومرة أخرى يظهر عدم التكافؤ ما بين اليمين واليسار ، الذى لا يمكن تعليله بالاختلاف ما بين الجسيمات و ضديداتها .

كان رد فعل العلماء على ذلك الاكتشاف مختلفا . فقد أشار المتشككون الى وجود خطأ فى القياسات أو فى معالجة النتائج . وأشار آخرون الى أن التجربة لم تتم فى الفراغ بل فى الهواء ، كما ومرت الميزونات فى المرحلة الاخيرة عبر أنبوبة مملوءة بالهيليوم . ومقابلة أى مادة تعتبر جريمة بالنسبة للكاون المتعادل : لان « الكوكتيلات » الكاونية ترتج بشدة لدى اصطدامها بالمادة بحيث يتحول خليط الجسيمات طويلة العمر و ضديدات الجسيمات الى خليط قصير العمر ثم يتفتت بطريقة قانونية الى بى – ميزونين .



كان الاتهام خطيرا ، وبدأت المراجعة الدقيقة . وقام التجريبيون فى برينستون بتجربة خاصة للمراجعة أوضحت أن مثل هذه التحولات للكا ـ ميزونات طويلة العمر تحدث بمقدار ١٠^٦ مرة اندر من التفتتات المحظورة المسجلة قبل ذلك .

و مضى بعد ذلك وقت قصير آخر وأكدت صحة ذلك تماما القياسات التى تمت فى مجموعات مختلفة بواسطة طريقة تجريبية مختلفة تماما . واضطر آخر المتشككين على الموافقة مع صحة هذه الظاهرة المكتشفة .

وأعاد الاكتشاف الغريب العلماء مرة ثانية الى « الطشت المحطم » ، الى عدم فهم سبب كون الفراغ المتجانس لا يتصف بخاصية التماثل المرآوى فى التأثيرات المتبادلة الضعيفة . وكان

لابد من العمل . وصار العلماء ، يبحثون ، كالمحققين الذين يكشفون عن الجريمة ، وسط « مواطنى » عالم الجسيمات الدقيقة عن وجوه اخرى تتصف بسلوك الكا – ميزونات المتعادلة .

واجرى اختبار دقيق للغاية لتفتتات الهيبرونات والميزونات ، تفتتات النوى والتفاعلات النووية . ولكن لم يتسن اكتشاف الاخلال بقاعدة ال CP – تماثل ، فى أى مكان أو فى أى ظاهرة . فقد كانت الكا – ميزونات المتعادلة تعمل بصورة منفردة .

ومن هذه الناحية اختلف الوضع اختلافا كبيرا عند اكتشاف الاخلال بالتماثل المرآوى . ففى ذلك الوقت كانت التجارب على الكا – ميزونات ذات الشحنة الموجبة تفيد كاشارة لرفع الستار الذى اكتشفت خلفه مجموعة كبيرة من المشتركين فى « المؤامرة » ضد قانون بقاء الزوجية . وكانت هى العمليات التى تتم عند التأثير المتبادل الضعيف للجسيمات الأولية .

اما الآن فقد وجد خلف الستار ممثل وحيد ، وهو الكا – ميزون المتعادل طويل العمر الذى لم يخضع حتى لملاحظات المخرج ، ال CP – تماثل . واذا ما كانت التأثيرات المتبادلة الضعيفة مذنبة فانها تكون مذنبة فقط فى « تحضير » « الكوكتيلات » الكا – ميزونية نفسها من مخلوطات الجسيمات وضديدات الجسيمات .

كيف تمكن معاملة هذه الفردية للمواطن الوحيد فى عالم الجسيمات الدقيقة ؟ قد تكون معاملة هزلية ؟ وقد يكون الاكاديمى تام على

حتى عندما اعتبر أن قصة الكا – ميزون طويل العمر تذكر بالقصة المعروفة والمرتبطة بالنيوترينو وقانون بقاء الطاقة ؟ وأنه فى النهاية سيتضح أن الـ CP – تماثل ثابت لا يتزعزع ؟

ولكن لم يكن هناك وقت لدى الفيزيائيين للضحك وليس بسبب انعدام الاحساس بالفكاهة . فالزمن يمضى و « نمرة » الساحر – الكا – ميزون لم تكتشف بعد . بينما يلمح لأشياء كثيرة جدا . هل تذكرون كيف لم يكن من المضحك لنادينكا فى احدى قصص تشيخوف أنها لم تستطع أن تفهم ان كان الهواء يصفر فى أذنيها أم أن جارها فى الزحافة يهمس اليها بكلمات الحب . وما الذى يهمس به الكا – صفر – ميزون ؟

وانقاذا للمبدأ الاساسى لتماثل الفراغ ، اتهم الفيزيائيون كبداية فى كل شىء القوى الخارجية بعيدة التأثير التى يمكن أن تكون منابعها الارض أو الشمس أو المجرة . ولكن التجارب اثبتت نقيض هذه الفرضية ، واضطر العلماء الى التخلى عنها .

وتوجد فكرة أخرى تجرى مراجعتها الآن . وماذا لوأن التفتت غير العادى للكاون المتعادل يحدث بواسطة التأثير المتبادل فوق الضعيف الفرضى ؟

سواء اكان الامر كذلك ام لا ، ولكن السؤال : لم تتفتت الكا – ميزونات طويلة العمر الى بى – ميزونين ؟ يبقى السؤال الجذرى فى الفيزياء الحديثة .

يقول شابيرو العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية «جوهر هذه الظاهرة غير مفهوم ولكن هذا يمثل تغيرا جذريا فى افكارنا بحيث أننى أعتقد أنه فى وقت ما سيترك اثارا بعيدة المدى بكل صرح الفيزياء» .

الجنة المفقودة

لقد كانت الكا ــ ميزونات « الغريبة » ذات الشحنة الموجبة أول من أعطى اشارة الخطر للمبدأ الاساسى لتماثل الفراغ . وقد تسنى اضعاف هذا الخطر بقبول « الانذار النهائى » للتأثيرات الضعيفة واحلال ضديدات الجسيمات محل الجسيمات عند الانعكاس المرآوى لها .

ولقد تقبل الفيزيائيون بشعور من الألم الاخلال بالتماثل الفراغى تارة والتماثل الشحنى تارة أخرى عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة . ولكن الاخلال الآنى لكل من التماثل C و P بمس أسس الفيزياء الحديثة ذاتها .

فأى معادلة فى ميكانيكا الكم تكون متماثلة ليس فقط بالنسبة لتغير اشارة كل الاحداثيات (P ــ تماثل) ولا بالنسبة لاحلال ضديدات الجسيمات محل الجسيمات (C ــ تماثل) ولكن بالنسبة لتغير اتجاه الزمن أيضا . أى بالنسبة « للتحول فى الزمن » .

ان هذا التماثل الزمنى ، او كما يرمز له بال T ـ تماثل ، يؤكد « الشباب الدائم » للعمليات الجارية فى عالم الجسيمات الدقيقة . ويعنى ال T ـ تماثل عدم وجود « سهم الزمن » وهو التعبير الشاعرى الذى توصف به اتجاهية الزمن فى عالم الأجسام الضخمة . ولا يمكن استخدام مفهوم « الشيخوخة » فى عالم الجسيمات الدقيقة . اذ يوجد فقط اتجاهان متكافئان للعمليات أمامى و عكسى .

ولقد اضطررنا لذكر ذلك لأنه تكمن فى أساس النظرية الكمية الحديثة للجسيمات الاولية نظرية CPT . وجوهر هذه النظرية يتركز فى أن كل العمليات لابد وأن تخضع فى وقت واحد لمبدأ التماثل الفراغى ـ P ، والتماثل الشحنى ـ C ، و T ـ التماثل الزمنى . وبتعبير آخر ، فان أى ظاهرة فى عالم الجسيمات الدقيقة لو عكست



فى مرآة واستبدلت الجسيمات بضديدات الجسيمات ، والوضع النهائى بالوضع الابتدائى ، أى لو أننا عكسنا اتجاه الزمن فلابد لهذه الظاهرة من أن تتحول الى ظاهرة أخرى موجودة حقيقة فى الطبيعة .

وقبل اجراء التجارب على الكا — ميزونات ، لم يشك أحد فى أن كل الانواع الثلاثة للتماثل سواء كانت مجتمعة او متفرقة فانها تمثل قوانين صارمة للطبيعة . ولكن ها هما الاثنان الأولان يفقدان شموليتهما . وبم يهدد هذا ؟

لو اختل الـ CP — تماثل وبقى الـ T — تماثل فان كل نظرية CPT تنهار . فهذا الـ CPT — تماثل العام يمكن أن يبقى نافذ المفعول فقط فى حالة ما اذا اختل فى نفس الوقت التماثل CP والتماثل T .

وهكذا فبعد ان فقد الفيزيائيون القانونين الأساسيين نراهم يتخلون « بمحض ارادتهم » عن القانون الثالث . وأكثر من ذلك ، فهم يجدون فى إثبات اختلاله لكى ينقذوا أسس النظرية . وهل للزمن سلطة فى عالم الجسيمات الدقيقة ؟

ان توضيح ذلك اصعب بكثير مما فى عالم الأجسام الكبيرة . فالتماثل T الزمنى يضع حظرا على بعض الظواهد الفيزيائية ، وعلى سبيل المثال ، يجب أن ينعدم لدى الجسيمات الاولية العزم الثنائى القطب الكهربى . ويمكن أن نتصور أن النيوترون يتكون من شحنات موجبة و سالبة ينحرف مركزا ثقليهما . ومن هنا ينبع العزم الثنائى

القطب (الديبولى) الكهربى . ولو كانت العمليات النووية انعكاسية لوجب أن يكون هذا العزم لدى النيوترون مساويا للصفر .

وفى مختبر الفيزيا" النيوترونية فى دوبنا يبحث العلما" منذ زمن بعيد امكانية التغلغل فى سرار العزم الثنائى القطب الكهربى للجسيمات . ولم يكن مكتشفا فى كل التجارب السابقة . ولكن لا يجوز القول حتى الآن بأن هذا العزم مساو للصفر ، اذ أن دقة التجربة لا زالت واطئة . فالنيوترونات تمر بسرعة كبيرة جدا خلال الحجم العامل للجهاز ، بحيث أن كمية ضئيلة جدا منها تتفتت خلال هذا الزمن . حتى النيوترونات البطيئة أو الحرارية تتحرك بسرعة تساوى كيلومترين فى الثانية . وينمو « الاعصار » النيوترونى خلال كل الجهاز فى أجزا" صغيرة جدا من الثانية فى الوقت الذى من المهم جدا فيه لدراسة العزم الثنائى القطب أن توجد النيوترونات أطول وقت ممكن فى مجال نظر المراقبين و« فى ايدى التجريبيين » . اذ أنه يلزم خلال هذا الوقت دراسة سلوكه تحت تأثير المجالات الكهربائية والمغناطيسية .

وظهرت بذلك الحاجة الى نيوترونات ابطأ بكثير من النيوترونات الحرارية . وبالذات توجد النيوترونات فوق الباردة التى تبلغ سرعتها عدة أمتار فى الثانية ، بين الجسيمات المنطلقة من المفاعل النووى . و لكنها قليلة جدا : فيوجد بين كل مائة مليار نيوترون نيوترون واحد فوق بارد .

ولو جمعنا وحفظنا هذه النيوترونات لامكن القيام بالتجربة عن العزم الثنائى القطب بدقة عالية .

ان هذه الفكرة التى تبدو خيالية يمكن تحقيقها عمليا . فمنذ عشرين سنة مضت أظهر العالم الايطالى فيرمى والفيزيائى — النظرى السوفييتى بوميرانتشوك أن النيوترونات فوق الباردة يجب أن تنعكس بالكامل عن سطح بعض المواد .

وبعد مرور عشر سنوات على ذلك اثبت الاكاديمى زيلدوفتش نظريا أنه باستخدام خاصية الانعكاس يمكن « صيد » النيوترونات فوق الباردة من المفاعل وجمعها فى مصيدة خاصة بعدد يصل الى مائة مليون فى المتر المعكب الواحد !

كان من الصعب تصديق ذلك . اذ أن النيوترونات جسيمات متغلغلة بما فيه الكفاية ، بينما يقال هنا أنها لن تستطيع أن تتغلغل خلال المصيدة المصنوعة من لوحة نحاسية رقيقة جدا .

ويفسر السلوك غير العادى للنيوترونات فوق الباردة بخواصها الموجية . اذ أن طول موجة هذه الجسيمات يساوى جزءا من مائة ألف من السنتيمتر . ولكن فى عالم الجسيمات الدقيقة حتى هى تبدو وكأنها « جوليفر » وسط أقزام الذرات . ولذلك فعند وقوعها على سطح المادة تتأثر الموجة تأثرا تبادليا مع عدد كبير من نوى ذرات النحاس . وعلى الرغم من أن طاقة هنا التأثير المتبادل صغيرة جدا الا أنها من نفس رتبة طاقة النيوترونات فوق الباردة ذاتها ، ولهذا

السبب فان الطبقات الاولى للنوى الذرية لرقيقة النحاس تكون فى طريق موجة النيوترونات فوق الباردة حاجزا طاقيا لا يمكن تخطيه . و بتصادمها معه كاصطدام الموجة البحرية على الشاطئ الشديد الانحدار تنحسر الى الخلف .

وفى البداية قامت مجموعة من علماء مختبر الفيزياء النيوترونية بالمعهد الموحد للدراسات النووية وتحت اشراف العالم شابيرو بانشاء « معلبات » من النيوترونات و كانت مهمتها فى غاية البساطة وهى : ايجاد والتقاط ابر – النيوترونات فوق الباردة وسط كومة من القش ، أى وسط مئات المليارات من كل النيوترونات الاخرى .

وضع التجريبيون فى سيل النيوترونات الخارجة من المفاعل الذرى أنبوبة من النحاس ثنيت عند النهاية البعيدة عن المفاعل . و« ثقبت » النيوترونات الحرارية الطائرة بسرعة عظيمة جوانب الانبوبة فى مكان الثنى وانطلقت مواصلة سيرها . أما النيوترونات فوق الباردة فلم تستطع أن تخرج من الأنبوبة بعد أن دخلت فيها وأصبحت أسيرة الانبوبة وكالقطط الصغيرة العمياء صارت تصطدم فى جدران الانبوبة وعند انعكاسها تزحف بطول الانبوبة متتبعة ثنيتها .

وعرف التجريبيون ذلك بوضع عداد فى نهاية الجزء المثنى من الانبوبة قام بتسجيل النيوترونات التى تواجدت فى الانبوبة لما يقرب من ٢٠٠ ثانية .

وعندما سيتعلم العلماء عمل « المعلبات » من عدد كاف من

النيوترونات عندئذ سيتمكنون من قياس العزم الثنائى القطب للنيوترون بدقة كبيرة .

ولقد اجريت التجارب فى عشرات من مختبرات العالم لمراجعة الاخلال بالتماثل الزمنى . و لكن لا توجد اجابة نهائية حتى الآن على ذلك .

فلنتخيل و نفترض ان الاخلال بمبدأ التماثل — T قد اكتشف . عندئذ ستكون نظرية الـ CPT قد انقذت ، ولكن بأى ثمن ! اذ سيظهر مرة اخرى عدم التكافؤ غير المفهوم فى الاتجاه الى اليمين والى اليسار ، وعدم تكافؤ الاتجاه الأمامى والعكسى للزمن ، وعدم تكافؤ الجسيمات و ضديداتها . وسنضطر للاعتراف بأن عالم الجسيمات الدقيقة « آثم » بنفس عدم التماثلات تلك التى قابلتنا فى عالم الأجسام الكبيرة .

وفى العالم الذى تستطيع أن تصل اليه حواسنا ، فاننا نجد دائما أشياء ليس لها تماثل مرآوى ، ولا يلزم الذهاب بعيدا للعثور على اثباتات ذلك : فان صورتنا ذاتها فى المرآة تكون شبيهة بنا فقط .

مم نتكون نحن ، وكل ما يحيطنا ؟ من البروتونات والنيوترونات والالكترونات . ولا نجد شيئا أو احدا متكونا من ضديدات البروتونات و ضديدات النيوترونات والبوزيترونات . ويتجلى امامنا بوضوح عدم التماثل الشحنى لعالم الأجسام الكبيرة .

أما عن الزمن فليس هناك ما يقال اذ أن سهمه القاسى يتجه دائما الى الأمام فقط .

لا تدعو احدا ابدا
للعودة من جديد ،
فعودة الارواح – كذب ،
لأن جوهر الحركة هو الشماتة ،
ولن يعيده ولا يعيدها
اليك ثانية .

سنيجوفا

وفيم اذن معنى هذا الشبه الذى اكتشفته فيزياء الطاقات العالية ، هذا اللاتماثل المطابق لعالمنا العادى وعالم المقاييس فوق الصغيرة ؟ وما هى العلاقة بين الاخلال بين التماثلات – C ، P ، T فى عالمى الأجسام الكبيرة والجسيمات الدقيقة ؟ هل يوافق الا CPT – تماثل لعالم الجسيمات الدقيقة الا CPT – تماثل لعالم الأجسام الكبيرة ؟

ويقول العلماء أن هذين السؤالين يوصلان سائلهما الى أعماق علم نشأة الكون . اذ أن اللاتماثل الشحنى والزمنى للعالم المحيط بنا هو نتيجة لأحوال خاصة « ابتدائية » كانت توجد فى العالم منذ ما يقرب من ١٠^١٠ عام مضت .

• •
•

الاخلال بالتماثل الفراغي والمرآوى عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة ، وعدم جلوى « المرآة - CP » لعدد غير كبير من تفتتات الكا - ميزونات المتعادلة .... فهل ان هذه الانحرافات الضئيلة مهمة الى جانب الخلفية اللانهائية من التأثيرات المتبادلة القوية والتى تملك تماثل C و P و CP ؟ الى جانب الخلفية التى تكونها تلك القوى التى تحافظ على النيكلونات فى النوى والتى تخضع لها الغالبية العظمى للبنات المادة الدقيقة جدا ؟ ولماذا ، أخيرا ، يبحث الفيزيائيون بمثل هذا الجد والاجتهاد هذه الاخلالات الطفيفة للتماثل فى عالم الجسيمات الدقيقة ؟

يقول د . فرانك كامينيتسكى دكتور العلوم الفيزيائية - الرياضية - « السبب هو أنه لا توجد فى العلم اشيا" تافهة . ويجب عليه ان يفسر كل شيء حتى النهاية ، و قد تحوى كل ظاهرة لم تفهم بعد محيطا كاملا من الاشيا" غير المعروفة . فالنقطة السودا" الصغيرة على لوح التصوير الذى كان بجانب مستحضر من اليورانيوم كانت بادرة نشوء كل الفيزيا" و التكنيك النوويين » .

ولقد تكون انطباع لدى الفيزيائيين على أن العالم بسيط فى ملامحه العامة ولكنه معقد للغاية فى التفاصيل . وأفظع أعراض التعقد هو الاخلال بالتماثل . اذ أن كل شيء بسيط متماثل .

ولا يعرف حتى الآن كيف سينعكس ما رويناه هنا على

الادراك المعاصر للعالم . وهذه الملاحظة صحيحة أيضا بالنسبة للغز الثالث الذى لم يصبح قصة بعد .

ان اللغز الجديد الذى اكتشفه الفيزيائيون توا ، لغز $K_2^0 \to 2\mu$. قد قدمته لنا الكا ــ ميزونات ، المعروفة لدينا ايضا، كما تسهل ملاحظة ذلك .

ولقد درست مجموعة من العلماء الامريكيين فى جامعة كاليفورنيا فى بيفاترون مختبر لورنس للاشعاعات تفتت الميزونات الثقيلة المتعادلة طويلة العمر. وتبعا للنظرية المبنية على أبسط الافتراضات، وأضمنها كما يبدو، فان كل واحد على الاقل من ١٥٠ مليون ميزون ثقيل سجلها الجهاز ، لا بد وأن يتحول الى زوج من الجسيمات الخفيفة : —



ميو – ميزونات ذات شحنات كهربية موجبة وسالبة . ولقد اكتشف التجريبيون أن احتمال مثل هذه العملية، على أقل تقدير، أصغر بثلاث مرات . فماذا يعني هذا ؟

سأل هذا السؤال بالذات باجماع نادر كثير من الفيزيائيين عندما علموا من مجلة « Physical Review Letters » بالنتائج المثيرة للتجارب التي تمت في البيفاترون .

ولكن لا توجد الى الآن اجابة على هذا السؤال . قد يكون « تناقض $K_2^0 \rightarrow 2\mu$ » ليس تناقضا البتة ، وانما هو تأثير جديد للاخلال بالتماثل – CP وقد كان اثبات ذلك ممكنا او اكتشف تفتت الكا – ميزونات المتعادلة قصيرة العمر الى جسيمين خفيفين مشحونين .

ويقول العالم بالدين « ولكن اذا لاحظنا مثل هذه التفتتات في التجربة فان الكارثة تتفاقم . وتعتبر هذه المشكلة الآن من اكثر المشاكل حدة في فيزياء الجسيمات الاولية » .

ولقد أجريت تجربة في المعجل في المركز الاوروبي للأبحاث النووية ولم يلاحظ فيها حدوث تفتت الى ميو – ميزونين في اي من الـ ٤ × ١٠^٧ تفتتات للكا – ميزونات قصيرة العمر.

وقد تستطيع الآراء النظرية الاضافية أن تعلل بطريقة ما عدم وجود مثل هذه العملية باحتمال درجته ١٠^-٧ . ولكن لو حدث هذا التفتت بصورة نادرة اكثر ؛ فان هذا يؤدي ، على ما يبدو ، الى وقوع « ضحايا » جديدة بين المبادئ الاساسية للطبيعة .

واشترك فى حل « لغز $K^{0}_{s} \to 2\mu$ » خير العلماء التجريبيين .
وبحثوا تفتتات الميزونات الثقيلة قصيرة العمر وطويلة العمر فى معجلات بروك هيفن وبيركلى وفى مختبرات أرجون الوطنية فى الولايات المتحدة الامريكية .

وتستعد مجموعة من العلماء باشراف سافين الدكتور فى العلوم الفيزيائية والرياضية من معمل الطاقات العالية للمعهد الموحد للدراسات النووية الآن أيضا للهجوم على « الذرى » الجديدة التى تكشفت أمام الفيزيائيين .

الآمـــال العظـــام

العلم صرح وليس كومة من الاحجار ،
مهما كانت قيمتها كبيرة .

ويجنر

أخلاف أم تفاهم متبادل ؟

كتب في عام ١٩٥٨ الفيزيائي ـ النظرى المعروف ف . دايسون : « انني لا اعتقد بامكان اجراء اكتشاف مثل ديناميكا نيوتن او ميكانيكا الكم قبل مرور مائة عام . وتتكون وجهة نظرى من اننا بعيدون عن تفهم طبيعة الجسيمات الاولية مثلما كان خلفاء نيوتن بعيدين عن ميكانيكا الكم . ولكن من المحتمل جدا ان تنفذ كل التجارب التى يمكن ابتكارها بالاستعانة بالمعجلات بواسطة التصادم المتبادل للجسيمات المختلفة وان تجمع نتائج هذه

التجارب وتنسق بدقة ، ولكننا مع ذلك لن نتمكن من تفهم ما يحدث » .

بينما يورد تام الاكاديمى الحاصل على جائزة نوبل رأيا اكثر تفاؤلا نشره فى عام ١٩٦٦ : « اننى لا اتفق مع النظرى الامريكى دايسون . فان مصاعب بناء نظرية جديدة تحتوى على كل ما هو معروف لدينا حتى الآن كحالة خاصة ، هى مصاعب بينة . ولكن دايسون لا يأخذ فى الاعتبار نمو العلم فى وقتنا الحاضر تبعا للقانون الاسى ، ولا يأخذ فى الاعتبار تزايد عدد العاملين فى حقل الفيزياء . ان اينشتين يعتبر ظاهرة نادرة ولكن اصبح ظهور عبقرية جديدة اكثر احتمالا نظرا لتضخم عدد المتخصصين بصورة فائقة » .

ويلتزم الاكاديمى جينزبورج بوجهة نظر اخرى . ففى بداية عام ١٩٧١ قال فى احدى الندوات بمعهد الفيزياء التابع لاكاديمية العلوم السوفييتية : « يبدو لى انه فى المجال النظرى لا يمكن الحديث عن نجاح اصيل ما . وهذا هو وضع الامور منذ عشرات من السنين ، ولا يمكن لاحد ان يتنبأ بالوقت الذى « سيتحرك الجليد » فيه . ولكن لابد وان يحدث هذا فى وقت ما ، وعلى الرغم من كل خيبة الامل فان الجميع ينتظرون هذا الحدث التاريخى باهتمام شديد لا يكل » .

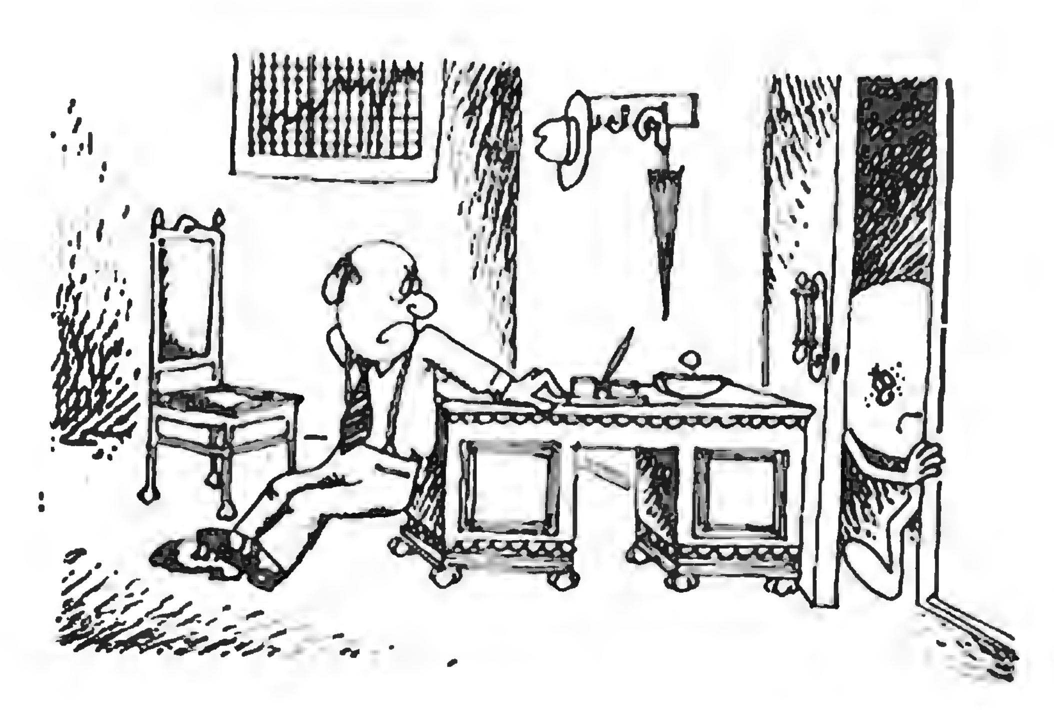
ان هذه الكلمات الصريحة لكبار علماء الفيزياء قد عرفتنا بالمشكلة الرئيسية والاكثر صعوبة ـ مشكلة بناء نظرية الجسيمات الاولية.

وللاسف لا تزال صحيحة حتى اليوم ، وكما هو الحال منذ عدة سنوات مضت ، كلمات العالم اوبينهايمر الآتية : « لا نزال لا نفهم طبيعة المادة ، والقوانين التى تتحكم فيها ، واللغة التى يجب وصفها بها » .

وليس خافيا على احد ، انه منذ الوقت الذى اكتشفت فيه الجسيمات الاولى ، قام العلم بخطوة كبرى الى الامام . فالباحثون المسلحون بالمعجلات الضخمة يتغلغلون الآن فى اعمق المناطق المحرمة للظواهر . وتكتب الآن كتب مبسطة عن خواص الجسيمات الاولية ، وعن كيف امكن عمل تصنيف موحد لكثير من « مواطنى» عالم الجسيمات الدقيقة . واكتشفت قوانين جديدة للطبيعة ، مثل قانون بقاء العدد الباريونى ـ ذلك القانون الذى يعود اليه الفضل فى وجودنا اذ انه بالذات يمنع البروتونات والنيوترونات من التفتت الى جسيمات أخف . كما استخدمت الميوميزونات والبى ـ ميزونات بصورة عملية فى الكيمياء وفى فيزياء الاجسام الصلبة .

واخيرا ، امكن بواسطة الجسيمات الاولية تحليل أسس عظيمة للطبيعة وهى تماثل الفراغ والزمن . اذن ما المقصود به من فهم قوانين ولغة الطبيعة ؟

لا تتضمن نظرية الكم اى تلميح عن وجود عالم الجسيمات الاولية الضخم المنقوش . وكان الفيزيائيون غير مؤهلين لمقابلة هذا العالم لدرجة انهم فى البداية قاوموا بشدة فكرة الاعتراف بكل جسيم جديد .



قال ديراك منذ فترة وجيزة : « اننى اذكر كيف كنت فى هذه الازمنة البعيدة اناقش من يعمل فى مختبر كافيندش وارقب طريق الجسيمات فى المجال المغناطيسى . كانوا يقولون انهم يلاحظون احيانا ان الالكترون يعود الى مصدره . ووجب على التجريبيين اثبات وجود هذه الجسيمات الجديدة (البوزيترونات) ، ولكنهم لم يكونوا فى وضع يسمح لهم بتقييم ما قد رأوه » .

وقصة اكتشاف النيوترون ؟ لقد كان بوتيه وبيكر فى المانيا ، وايرين وفريدريك جوليو- كورى فى فرنسا ، يمسكون النيوترونات بأيديهم ، ولكن لم يستطع ان يقيم الظاهرة الجديدة تقييما صحيحا غير تشادويك تلميذ رذرفورد الذى كان مطلعا على فكرة استاذه عن وجود جسيم ثقيل متعادل .

واخيرا ، امكن اجتياز الحاجز النفسي وصفيت كل نتائج الصدمة الاولى ، ولكن الى ما أدى ذلك — نحن نعلم الآن: فقد انتقل العلماء من النار الى اللهيب .

قال ديراك : « منذ تلك الازمنة السحيقة تغير الوضع تماما فيجرى الآن افتراض واقتراح وجود اعداد هائلة من الجسيمات الجديدة . ويقوم الناس باستعداد كبير بنشر اثباتات وجود جسيم جديد — بغض النظر عن ما اذا كان قد حصل عليه عن طريق التجربة او من فكرة نظرية لم تثبت بصورة جيدة » .

ولكن لماذا اصبح مثل هذا الوضع للاشياء ممكنا ؟ ذلك لان النظرية الحديثة لا تستطيع ان توحى الينا متى يمكن انهاء قائمة الجسيمات الاولية . هناك عدة مئات من اصناف الجسيمات ! ان هذا ليس بالشيء الجيد ، بل ان الفيزيائيين كانوا منذ زمن بعيد يحاولون ان يعرفوا اى الجسيمات منها تعتبر أولية حقا — واى منها يتظاهر فقط بانه اولى .

ان النظرية عاجزة عن مد يد العون فى هذا المجال ، بل وكيف يمكن ان يكون شكل هذه المساعدة فى الوقت الذى لا تعرف فيه النظرية نفسها معنى كلمة « اولى » بالنسبة لعالم الجسيمات الدقيقة !

ويحس الفيزيائيون انه سيأتى الوقت عندما يؤدى كل عدم التفاهم الموجود فى عالم الجسيمات الدقيقة الى ثورة جذرية فى النظرية والى اعادة النظر فى الافكار والمفاهيم بصورة جدية . وستنشأ نظرية جديدة

تشرح كل تعدد الانواع هذا للجسيمات على أسس عامة معدودة مع شرح مفصل لقواعد التأثير المتبادل بينها . وبالنظر الى هذه النظرية سنستطيع ان نتنبأ بما سيحدث عند تصادم اى جسيمات أولية .

هذا هو البرنامج الاكبر المطروح اليوم امام الفيزياء النظرية .

مغفل ام عبقرى ؟

ان الحديث عن تصور العلماء للنظرية الجديدة للجسيمات الأولية طويل . فيعتبر البعض ان المعادلات فى شكلها المضغوط ستحتوى على كل الصورة الفيزيائية للطبيعة ، وستضم كل الخواص المعروفة للمادة .

وكتب العالم السوفييتى البارز ومؤرخ العلم س . فافيلوف فى عام ١٩٤٤ يقول ان : « الفيزياء هى علم الاشكال البسيطة للمادة . وتتصف فى جوهر الامر ببعض الميل لمعالجة الظواهر معالجة بسيطة » . ولقد حذر س . فافيلوف الفيزيائيين من الاحلام البراقة عن ان « دراسة الجسيمات الاوليه للمادة يجب ان توضح ليس الاشكال الاولية للظواهر فقط وانما توضح ، فى نهاية المطاف ، كل العالم عموما » .

ولكن كيف ستبدو النظرية الجديدة فى واقع الحال ... سيظهر المستقبل ذلك ، اما نحن فقد آن لنا الاوان للعودة الى المشاغل الحاضرة للنظريين .

ولكن لماذا « ضعفت » قدما ميكانيكا الكم فجأة ولم تتحمل الوزن الاضافي ... اى فيزياء الجسيمات الاولية ؟ على ان هذا اللوم لا يوجه الى ميكانيكا الكم تماما . لانها كانت منذ البداية تعنى بوصف الظواهر الذرية وتؤدى مهمتها تلك بشكل رائع حتى يومنا هذا . بل يوجه هذا اللوم الى نظرية الجسيمات الاولية التى نبعت من ميكانيكا الكم .

ولقد وضع النظرية الكمية للمجال كبار علماء العالم من امثال ف . هيزنبرج ، وف . باولى ، وب . ديراك ، و ف . فوك . وحصل ديراك اعتمادا على ميكانيكا الكم والنظرية النسبية لاول مرة على معادلة للالكترون المتحرك بسرعة الضوء تقريبا . ومن هذه المعادلة عرف الفيزيائيون بوجود البوزيترون .

ولوصف الخواص المدهشة للجسيمات الاولية ، وتحولها المتبادل ، وتوالدها فى التفاعلات النووية ، واختفائها ، انشأ النظريون جهازا رياضيا خاصا اسمه طريقة الكم الثانوى . ولكن الطريقة لا تصل الى مستوى النظرية . فالنظرية يجب ان تصف التأثير المتبادل ما بين الجسيمات .

وبالتدريج أخذت تظهر الكهروديناميكا الكمية وهى ذلك الجزء من النظرية الكمية للمجال الذى يتعامل فقط مع التأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية للجسيمات الاولية . وغالبا ما يسمونها بالنموذج الاصلى لنظرية الجسيمات الاولية . وتقوم الكهروديناميكا الكمية

بتنفيذ عملها بطريقة مدهشة حتى اليوم عندما تبحث التأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية ما بين الجسيمات ذات الطاقات الضخمة .

ولكنه لم يتسن حتى الآن وضع مثل هذه النظرية الجيدة للتأثيرات المتبادلة القوية . ولقد بدا اولا انه يمكن وضع مثل هذه النظرية بالتماثل مع الكهروديناميكا الكمية . فهناك فقط يتم تبادل الجسيمات بالفوتونات اما هنا فبالبى — ميزونات ، وهذا هو كل الفرق .

ويبدو كل شيء ظاهريا بهذا الشكل . ولكن التأثيرات المتبادلة القوية بين الجسيمات على مسافات صغيرة تكون اشد بآلاف المرات من التأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية ، وغالبا ما تنتهى هذه التأثيرات بميلاد كثير من الجسيمات الجديدة . وتظهر فى النظرية سلاسل لانهائية من المعادلات . ومن وجهة النظر الرياضية تصبح النظرية صعبة الى درجة لا تحتمل ، ولو اعتبرناها صحيحة فلا يعرف احد كيفية ايجاد الحلول المضبوطة للمعادلات الناتجة عنها .

ولقد اجاب د. بلوخيتسيف على سؤال حول ما يعرقل وضع نظرية جديدة للجسيمات الاولية فقال : « من الصعب علينا الآن ان نقرر الامر : هل يعوزنا التفهم العميق للظواهر ، ولا توجد فكرة تستطيع ان تلقى الضوء على المجموعة الضخمة من الحقائق ، ام لا توجد هذه الحقائق نفسها ؟ ولو انه اكتشف اى تضارب عميق مع نظرية النسبية او مع ميكانيكا الكم ، لاعطى هذا الحدث دفعة ذات قوة ضخمة للافكار الجديدة » .

ولا يمكن اهمال احتمال آخر . فالى الآن لا تعطى « جبال » النتائج العملية فى الحقيقة اى اشارات جادة الى الاتجاهات التى يجب ان تتجه اليها الابحاث فى النظرية المستقبلة . بالاضافة الى ذلك فان النتائج العملية نفسها لا زالت تنتظر التفسير النظرى لها .

« ولكن ، لنجعل الحديث بيننا نحن الفيزيائيين – النظريين ، كيف نستخدم نحن نتائج هذه الابحاث ؟ نحن لا نستخدمها بتاتا . ولكن قد تجلب لنا نتائج التجارب عدة مفاجآت سخيفة ، ويمكن لاحد المغفلين ان يحصل على هذه النتائج نظريا من احدى القواعد الاولية ؟ » .

وبالطبع ، ان المغفل الذى يتحدث عنه الفيزيائى – النظرى فينمان ، قد يكون نظير العبقرى الذى استطاع تفهم خاصية عالم



الجسيمات الاولية تبعا للمعطيات الموجودة . وفي تاريخ الفيزياء ، كما هو الحال في تاريخ العلوم الاخرى ، يمكن ان نجد امثلة كثيرة ، يتم فيها التوصل الى الاكتشافات العظيمة نتيجة المعالجة الجديدة للحقائق المعروفة .

ومنذ مائة عام قرأ التاجر الالماني ج . شليمان بطريقة جديدة « الياذة » هوميروس المعروفة للجميع من قديم الزمان . وعلى الرغم من الاراء التي كانت سائدة عندئذ ، فقد أخذ كل الاحداث الواردة هناك كما لو كانت حقيقة واقعة . وباتباع وصف هوميروس بدقة استطاع شليمان ان يكتشف مدينة طروادة ويعثر على كنوز الملك بريام.

والكشف الاثري العظيم الذي قام به ج . كارتر واللورد كارنارفون في عام ١٩٢٢! لقد وجدوا مقبرة توت عنخ امون المملوءة حتى آخرها بآثار لا تقدر بثمن ابدعتها ايادي الصناع في مصر القديمة ، في وادي الملوك ، الذي جرت فيه التنقيبات منذ زمن طويل طولا وعرضا . ولقد اعتبر مشاهير علماء الاثار في ذلك الوقت انه لا يمكن ان توجد في وادي الملوك اية استكشافات جديدة ، نظرا لانه لم يتبق هناك ولا ذرة رمل واحدة لم تحرك من مكانها على اقل تقدير ثلاث مرات . ولكن بواسطة ما وجده الباحثون السابقون من ادوات وآوان باسم توت عنخ امون مع مجموعات من القماش ، استطاع ج . كارتر وكارنارفون ، بعد عدة محاولات فاشلة ، ان يحددا مكان مقبرة توت عنخ امون ثم وجداها .

وقد يحدث شيء مماثل تماما فى فيزياء الطاقات العالية . ولكن متى ؟

لا يعرف احد هذا .

مدينة سيربوخوف تتحدث

ظهرت خارج زجاج السيارة فجأة واختفت بسرعة المدينة الروسية القديمة سيربوخوف . وبعد عشر دقائق من السفر كانت امامنا مدينة الفيزيائيين « بروتفينو » حيث بدأ العمل ليلة ١٤ اكتوبر عام ١٩٦٧ لاول مرة اقوى معجل للجسيمات الاولية فى ذلك الوقت . فتحصل البروتونات المنطلقة فى غرفة المعجل الحلقية المفرغة والتى يقارب طولها كيلومترا ونصف على سبعين مليار الكترون ــ فولت من الطاقة .

وفى الصالة الحلقية المخفاة عن عيون الناس والمغطاة بالارض للوقاية من الاشعاعات تم تركيب مغناطيس المعجل . وبواسطته يحفظ الفيزيائيون بداخل المعجل مئات المليارات من القذائف النووية ذات الطاقة الهائلة ، والتى تبلغ سرعتها سرعة الضوء نفسها تقريبا .

وهناك مائة وعشرون وحدة كل منها بطول ١١ مترا وبوزن كلى يقارب ٣٠ الف طن ، تؤلف « عامل التشغيل » الرئيسى الذى يتتبع صحة حركة البروتونات . وللمقارنة نقول ان مغناطيس مفاعل دوبنا الذى تبلغ طاقته ١٠ مليارات الكترون ــ فولت (١٠ جيجا الكترون ــ



فولت) هو اثقل بمرتين . ويفسر ذلك بان « عامل تشغيل » معجل سيربوخوف اعلى فى « تأهيله » ، نظرا لانه يستعمل مبدأ التركيز البؤرى الجاسئ للجسيمات . وكلاعب الهوكى الذى يحرك قرص الهوكي بان يضربه بمضرب الهوكى مرة من اليمين واخرى من اليسار ولا يعطى القرص فرصة الانحراف عن الاتجاه المرسوم ، كذلك يفعل المغناطيس فى ماكينة سيربوخوف فانه يقود البروتونات التى يسرعها على الطريق الضيق الحلقى والذى يكون عرضه ١٦ سنتيمترا . ومن هنا يأتى الكسب فى كتلة المغناطيس نفسه .

ولكن لا تتحقق مثل هذه السيطرة الممتازة على البروتون الا عند توفر شرط هام وهو : لا يجب ان تزيد الانحرافات النسبية لقيم المجال المغناطيسي عند الانتقال من مرحلة الى الاخرى عن ١٠ ^-٤ (واحد من عشرة آلاف) .

ونحن نعجب بفن بناة اهرام مصر القديمة ، وتذهلنا مهارة الحجارين القدماء . فان كتل الحجارة الضخمة قد وضعت كل بجانب الاخرى بدقة بحيث انه لا يمكن ان تضع بينها ولا حتى شريحة من الورق واندمج هذا كله مع عدم العناية بتسوية الجدران الداخلية وتجميع التوابيت الحجرية فى تلك الاماكن التى لايراها احد.

اما هنا فى المعجل فلا يمكن ان تصنع بلا عناية الاماكن غير المرئية والا فان الماكينة لن تعمل . بينما اشتغل المعجل فى الحال من اول تشغيل . وهذا يعنى ان بناته قد استطاعوا ان يصلوا الى انحرافات فى قيم المجال المغناطيسى للمراحل المختلفة مقدارها اقل من واحد من عشرة الاف . وعلى الرغم انه من المعروف انه حتى الصلب المأخوذ من صبات مختلفة يكون له اختلاف اكبر فى الخواص المغناطيسية .

لقد جمعت كل من الـ ١٢٠ وحدة مغناطيسية من شرائح من الصلب مخلوطة بدقة ، وكان سمك كل شريحة يبلغ ملليمترين مأخوذة من صبات مختلفة . وبنتيجة القياسات المغناطيسية اختيرت الطريقة المثلى لوضع الوحدات المغناطيسية على حلقة المعجل . وكان يجب وضع كل الوحدات المغناطيسية البالغ وزنها ٢٤٠ طنا بدقة تصل الى ١٠٠ ميكرون ، وذلك لكى يعمل المعجل باستقرار . وهى مشكلة يصعب حتى تخيلها . ولكنها حلت بواسطة طرق مساحية (جيوديسية) خاصة .

واخيرا تم اجتياز كل الصعاب وحصل الفيزيائيون على « ميكروسكوب » جديد قوى جدا لدراسة عالم الجسيمات الدقيقة . ولكن الى اى شيء وجب عليهم توجيه هذا « الميكروسكوب » ؟

لا يجب نسيان ان نظرية الجسيمات الاولية هي كالمنزل القائم على أساس . تستند الى عدة بديهيات ومسلمات ، تمثل التعميم الطبيعي لميكانيكا الكم ونظرية النسبية . ولذلك فقد تقرر بواسطة « الميكروسكوب » الجديد قبل كل شيء اختبار اسس النظرية .

وفي عام ١٩٥٦ اثبت الا كاديمي ن . بوجولوبوف ، وهو حاليا مدير المعهد الموحد للابحاث النووية ، ان ما يسمى بالعلاقات التشتتية — التي تربط القيم المقاسة خلال التجربة مباشرة — تنبع من المبادئ العامة للنظرية الحديثة .

يا لها من فرصة فريدة ! عند قياس الاحتمال الكامل للتأثير المتبادل بين الجسيمات والمادة ، واحتمال تشتتها على زوايا صغيرة اختبرت في نفس الوقت. المسلمات الاساسية للنظرية . وبذلك تمدد الخيط الذى يربط ما بين اساس الفيزياء الحديثة والتجارب في عالم الجسيمات الاولية .

وبعد مرور عامين حصل بوميرانتشوك العضو المراسل لاكاديمية العلوم السوفييتية على احدى العلاقات الاساسية . فقد ربطت نظرية بوميرانتشوك ايضا البديهيات الاساسية مع التجربة .

لقد اختبرت العلاقات التشتتية على السينكروترون البروتونى فى دوبنا حتى طاقات تبلغ ١٠ جيجا الكترون ــ فولت . ولم يلاحظ هناك اى تناقضات ، ولكن كانت توجد بعض اشياء غير واضحة . ولم تثبت التجربة نظرية بوميرانتشوك ، ولكن لم يدهش هذا احدا . فقد جاء فى النظرية انه عند الطاقات العالية يجب ان يحدث تأثير متبادل ما بين الجسيمات والهدف ، وضديدات الجسيمات والهدف بنفس الاحتمال . ولكن لم يعرف اى مجال من الطاقات يجب ان يعتبر عاليا بما فيه الكفاية . لم يبق سوى الامل فى ان تثبت النظرية فى التجارب القادمة .

ومن المفهوم كيف انتظر النظريون والتجريبيون بفارغ الصبر بدء العمل فى معجل جديد اكثر قوة . وقدم « العملاق » السيربوخوفى للعلماء لا البروتونات ذات الطاقات القياسية فقط ، وانما كان بمثابة معمل حقيقى لانتاج المنتجات الفريدة من الجسيمات الثانوية : البى ــ ميزونات والكا ــ ميزونات وضديد البروتونات والنيوترينو .

كان يمكن اختبار اسس النظرية فى نفس الوقت على انواع مختلفة من الجسيمات . واتضح ان اكثر هذه الاشياء مناسبة لهذا الهدف هو الكا ــ ميزونات المتعادلة المدهشة والمعروفة لدينا . وكانت تتولد عند اصطدام البروتونات المنطلقة بسرعة الضوء مع الهدف الموجود فى الغرفة المفرغة من الهواء بالمعجل . وبعد مرور

لحظة ظهرت على مخرج القناة البالغ طولها ٥٠ مترا معارفنا القديمة الكا ــ ميزونات المتعادلة الطويلة العمر .

ان هذه الجسيمات هى كما يقول الفيزيائيون « هبة » مثالية قدمتها الطبيعة لاختبار نظرية بوميرانتشوك . فكل واحدة منها هى نوع معين من خليط الجسيم وضديده : كا ــ صفر ــ ميزون وضديده . ويكفى الآن ان توضع فى طريقها مادة ، لكى يستطيع الفيزيائيون المقارنة بين كيفية سلوك ممثلى العالم وضديده .

وفى نهاية اغسطس (آب) عام ١٩٧٠ اجتمع فى كييف ، فى مؤتمر فيزياء الطاقات العالية ، علماء اربعين دولة . وفى المنطقة الوسطى الجميلة للمدينة اجتمع فى قاعة قصر اكتوبر للثقافة كل من يهتم بالتطور اللاحق لفيزياء الجسيمات الاولية .

واستمع المشتركون فى هذه الندوة الضخمة الى خمسمائة تقرير . ولكن كانت اكثر التقارير جاذبية وأهمية هى تلك التى تضمنت نتائج التجارب فى سيربوخوف والخاصة بمراجعة العلاقات التشتتية ونظرية بوميرانتشوك .

وقد تحدث بروكوشكين الفيزيائى ــ التجريبى والعضو المراسل لاكاديمية العلوم السوفييتية عن نتائج التجارب الخاصة بالتأثير المتبادل ما بين نيوكلونات البروتونات وضديدات البروتونات وبى ــ زائد ــ ميزونات وبى ــ ناقص ــ ميزونات ، وكا ــ زائد ــ ميزونات وكا ــ ناقص ــ ميزونات ، التى تصل طاقتها الى ٧٠ مليار الكترون ــ فولت .

واستأثرت باهتمام كبير النتائج التجريبية التى حصلت عليها مجموعة سافين الدكتور فى العلوم الفيزيائية والرياضية من مختبر الطاقات العالية ، فى المعهد الموحد للابحاث النووية اثناء التجارب على الكا ـ ميزونات المتعادلة . ولقد قدر هذه الابحاث عاليا الفيزيائى النظرى الامريكى الكبير يانج ، الذى اشترك فى مناقشة التقرير .

واستقبل المؤتمرون بالتصفيق ، ظهور نيكيتين الدكتور فى العلوم الفيزيائية والرياضية على المنصة . اذ قام علماء دوبنا باشرافه وبواسطة معجل سيربوخوف ، باجراء احدى التجارب لمراجعة المبادىء الاساسية للنظرية .

ومن السهل تفهم سبب اهتمام علماء العالم اجمع هذا بالتجارب الجارية فى سيربوخوف . قال الاكاديمى بوجولوبوف رئيس لجنة تنظيم المؤتمر : « توصل العلماء النظريون الى كثير من الاستنتاجات النظرية الهامة حتى الآن على اساس الحقائق المعملية التى حصل عليها بواسطة المعجلات ذات طاقة للبروتونات تبلغ حتى ٣٠ مليار الكترون ـ فولت . ولكن ما هى طبيعة القوانين التى تظهر عند طاقات اعلى من ذلك بكثير ، الى اين ستذهب المنحنيات التجريبية ؟ هل ستقوض ركائز النظرية ؟ »

ولكن لم تكن هناك مفاجآت فى هذه المرة . فقد اقنعت مناقشة النتائج التى حصل عليها فى سيربوخوف الفيزيائيين بان البديهيات

الكامنة فى اساس نظرية الكم ، ونظرية النسبية تجدى كذلك فى وصف الجسيمات الاولية .

الهدوء الذى يسبق العاصفة

توجد فى الطبيعة لحظة عجيبة نسميها بالهدوء الذى يسبق العاصفة . فيجمد كل شيء ويبدو كما لو كان قد تسمر فى مكانه ، وصار مفعما بالتوقع . ولكن انظروا الى اعلى – فهناك تتحرك بسرعة كبيرة سحب منخفضة مملوءة بالماء . وها هى السحب قد تجمعت فى سحابة واحدة سوداء.. وتأخذ هذه السحابة الثقيلة بالهبوط شيئا فشيئا الى اسفل .

بمثل هذا الهدوء تبدو المرحلة المعاصرة فى نظرية الجسيمات الاولية . ولكن يكفى تصفح المجلات العلمية ، والتحدث مع العلماء النظريين حتى يبدأ المرء بالاحساس اى عمل كبير يقومون به ، واية دراسة دقيقة مفصلة للنتائج التجريبية ، واية محاولات كثيرة تجرى لشرح هذه النتائج . اذ انه من هذه النتائج التجريبية التى لم تصقل بعد بالفكر النظرى ينتظر بناء الطابق التالى للعلم .

ولا يعرف العلماء بعد كيف سيتم ذلك ، ولكنهم يرون اجزاء منفصلة من النظرية الجديدة .

ولا شك انه ستظل خلف عتبة هذه النظرية الناشئة الفكرة القديمة عن الجسيم النقطى . فالنقطة هى شيء لا يمكن تقسيمه الى اجزاء .

ويبدو ان الجسيمات الاولية تتمشى مع هذا التعريف ، اذ انه لم يلاحظ احد حتى الآن نصف الكترون او ثلث نيوترون . ولكنه عند تصادم الجسيمات ذات الطاقة العالية ، تتولد مجموعة كاملة من الجسيمات الجديدة . اذن ما هو الجسيم الاولى ؟ هل هو لبنة بسيطة نقطية ، ام نظام معقد ؟

فلنتذكر الاخبار التى جاءت بها القذائف الالكترونية التى اقتربت لاول مرة « كثيرا » من النويات ؟ ولنتذكر الضجة التى احدثها اكتشاف التكوين الالكترونى للبروتون والنيوترون ، وتحديد مقاييسها الفراغية ! وماذا عن اكتشاف البارتونات مؤخرا؟ !

ولكن يستمر اعتبار الجسيمات فى النظرية على انها نقطية . وجزئيا تتكون بنتيجة ذلك قيم لانهائية عند حساب كتلة الجسيمات . كيف يمكن ادخال المفهوم الجديد عن « الجسيم الاولى » فى النظرية ، هذه الفكرة المملوءة بكل ما هو معروف عنه من التجربة ؟

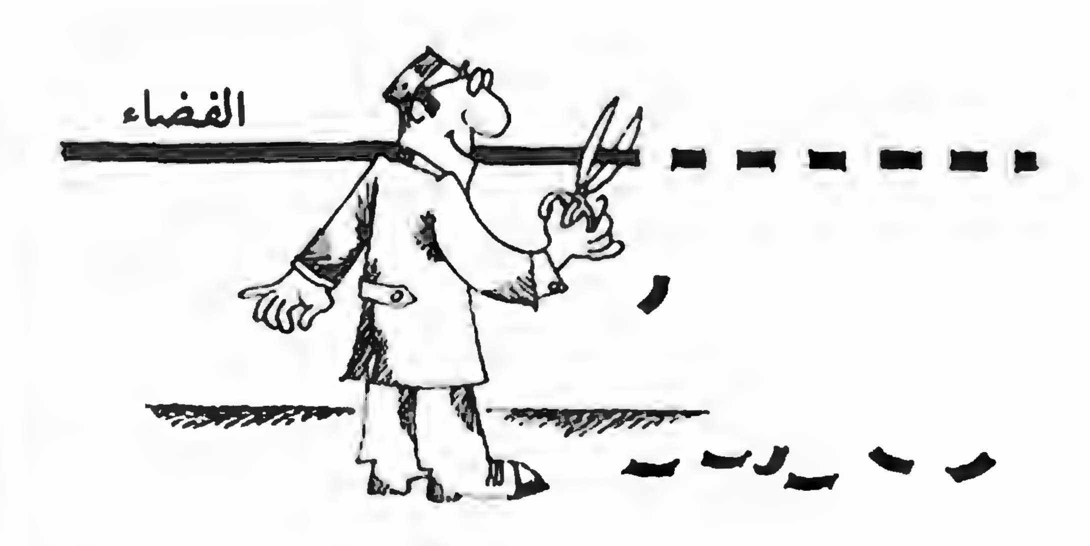
وليس الامر باحسن من ذلك بالنسبة لاحداثى الجسيم . فمبدأ هيزنبرج عن عدم التحديد ، يبين انه لا يمكن فى عالم الجسيمات الدقيقة قياس احداثى ونبضة الجسيم فى نفس الوقت . ولكن لا حدود لدقة كل من هذه القيم على حدة .

لنفرض انه يلزمنا قياس احداثى البروتون . فما العمل ؟ سيقول لنا اى عالم تجريبى انه يمكن تحديد مكان وجود البروتون تبعا لتشتت كمات جاما الواقعة عليه . فلنأخذ بهذه النصيحة . من الواضح

انه كلما اقتربت كمات جاما من الجسيم كلما امكن تحديد احداثياته بدقة اكبر . ولكن يكون هذا من الممكن للكمات ذات الطاقة الكبيرة فقط . حسنا لنفرض اننا حصلنا على مثل هذه الكمات ، وفرحنا وتذوقنا مقدما التجربة البالغة الدقة . ولكن ما هذا ؟ فمن الهدف الهيدروجينى ، الذى وضعناه فى حزمة كمات جاما ذات الطاقة العظيمة ، تتطاير فى جميع الاتجاهات بروتونات وضديدات بروتونات جديدة . وتظهر مثل تلك الجسيمات التى نقيس احداثياتها . والآن لا تستطيع تفهم اين البروتون القديم واين البروتون الجديد .

كتب العالم تام يقول : « اعتقد انه سيكون فى اساس النظرية الجديدة الحد المبدئى لدقة قيم الاحداثى المأخوذ بمعزل عن النبضة » .

وهذا يعنى ان المفهوم القديم لاحداثى الجسيم ، لن يصمد امام التجربة فى فيزياء الجسيمات الاولية .



ويعتقد بعض العلماء ان فى المقاييس فوق الصغيرة، سوف لايبدو الفراغ متصلا وانما متقطعا . وعلى اساس الفرضية عن وجود الطول الاولى للفراغ تجرى محاولات لبناء النظرية الجديدة ، ولكن النجاح الحقيقى لهذه الافكار ما زال غير كبير .

وفى ذلك بالذات تكمن دراما بناء النظرية الجديدة ! فى مكان ما فى المستقبل يبدو القصر العظيم لفيزياء الجسيمات الاولية منيرا بجلاء لكن بخطوط غير واضحة ومبهمة . ولكن يوجد امام الفيزيائيين فى الواقع كومة من النتائج التجريبية ، التى لم توضح بعد . وما العمل مع مواد البناء هذه ، هذا ما لايعرفه العلماء حتى الآن .

لن نكون مخبرى بوليس

فى الفيلم الكوميدى السوفييتى « اليد الماسية » يحكى احد ابطاله سيميون سيميونوفيتش الشهير عن المصيبة التى حلت به قائلا : « زلت قدمى ، فوقعت ، وفقدت الوعى ، وعندما افقت وجدت يدى فى الجبس » .

سيحكى لك مثل هذا تقريبا العالم التجريبى عن التفاعل النووى : « قذفت المادة ببروتونات ذات طاقة عالية ، اصطدم جسيمان ، وما حدث عند ذلك — لا اعرف ولكن نظرت ورأيت ان العدادات تسجل ظهور جسيمات جديدة » .

والاختلاف المبدئى بين الروايتين ، هو فقط فى ان سيميون

سيميونوفيتش قد رأى فعلا ما الذى فعلوه بيده ، اما الفيزيائيون فلا يمكن ان تتهمهم بالمكر والدها٫ .

وبالطبع ان العلماء لا ينشغلون باعادة رواية مثل هذه القصص ، فهم يكتبون المقالات العلمية ويلقون المحاضرات ذات الشكل الرياضى الصارم لنظرية المصفوفات — S .

ولكن ، لا الشكل الصارم ، ولا التسمية الجليلة ، لا تستطيع ، بل وانها لا تحاول ، ان تخفى الشئ الرئيسى : الانعدام التام للمعلومات عن عملية التصادم .

والفيزيائى بوضعه الهدف الهيدروجينى فى حزمة البروتونات يعرف بدقة ، انه سيحدث التصادم الآن للبروتون المسرع مع البروتون الموجود فى الهدف. هذه هى الشروط الابتدائية للتفاعل . وتذكر القول : «زلت قدمى ، فوقعت ...» قف ! الكل يخرجون من القاعة . يشتغل المعجل . ويسرع المجال الكهربى الجسيمات اسرع واسرع . واخيرا يرمى بها المقلاع الهائل الى الحرية . ويحدث التصادم !

لكن هل تتضمن هذه الكلمة معلومات اخرى غير انه تقابل «مواطنان» من عالم الجسيمات الدقيقة بسرعة ضخمة ؟ وكيف تقابلا ؟ وما هى الجسيمات البينية التى تكونت ؟ وما هى الجسيمات التى ابتلعت مرة اخرى ؟

ونظرية الكم الحديثة عاجزة عن الاجابة على اى من هذه

الاسئلة . ففى هذه الطاقات الضخمة للتصادم تخذلنا الاداة الرياضية النظرية تماما . هل تذكر : « فقدت الوعى ... » .

وفى هذا الوقت ، سجلت الاجهزة نتائج التفاعل النووى . تقوم الاجهزة الالكترونية ـ المحللات ـ فى مركز القياسات بالتحليل الاولى للمعلومات . واخيرا يحصل الباحث على قيمة احتمال العملية التى تهمه .

وتبعا للقواعد العامة لميكانيكا الكم ، يمكن التعبير عن هذه القيمة بواسطة مجموعة من الدوال الرياضية للمصفوفة ـ S . اذن ما هو الفرق بين ذلك وبين العبارة الشهيرة : « افقت ووجدت يدى فى الجبس » ؟

ان المصفوفة ـ S هى قيمة تربط ما بين الوضع الابتدائى للعملية ، والوضع النهائى لها ، وتقاس بالتجربة وتحسب نظريا . وهى تمثل الآن العنصر المركزى ، الذى يربط النظرية بالتجربة ، « النقطة الرئيسية » التى يتم فيها لقاء النظريين والتجريبيين . إن المصفوفة ـ S هى اللغة التى يتفاهمون بها بينهم .

حسنا ، لقد التقوا واوضحوا كل شىء وفهموا نتائج التجربة . وهذا يعنى انه يمكن تكوين النظرية التى توضح التجربة ! ممكن ، ولكن كيف ؟

وهناك أحد الطرق المألوفة تدلنا عليه ميكانيكا الكم . وتتم بدقة ، وخطوة تلو الاخرى، دراسة تصرف الجسيمات المشتركة فى التفاعل

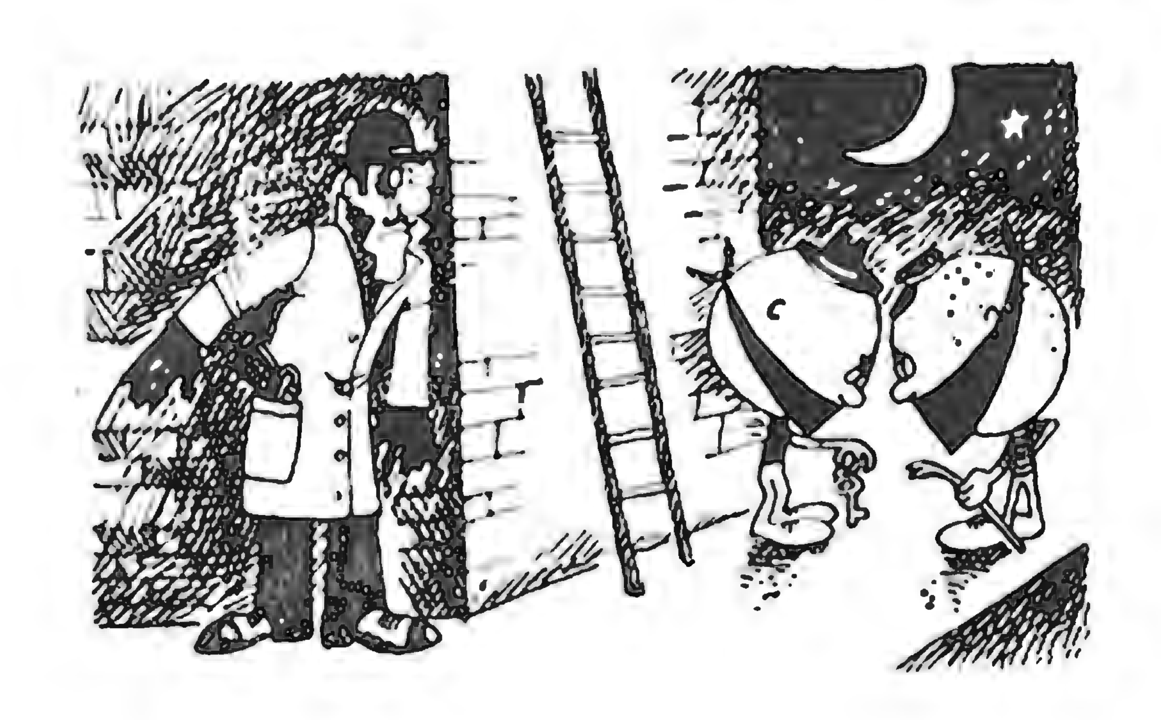
كما يفعل مخبر البوليس الذى يتتبع المجرم دون ان يتركه يخرج من مجال النظر ، لا ليلا ولا نهارا .

ولكن ، ان كان المخبر يستطيع ان يأمل فى النجاح ، فان محاولة العالم النظرى مقضى عليها منذ بدايتها بالفشل . فلا يستطيع احد حتى الآن ، ان يحل سلسلة لانهائية من المعادلات . ولكن هذه السلسلة فقط تستطيع بواسطة الدالة الموجية ، ان تصف الاحداث التى تتم فى لحظة التصادم .

ولهذا السبب اورد هيزنبرج احد مؤسسى ميكانيكا الكم فى عام ١٩٤١ فكرة مفادها ان مصفوفة — S ، يجب ان تكون اساس الاداة العاملة لنظرية الكم الحديثة .

ولا ضرورة لان نكون مخبرى بوليس ، فممكن هكذا تفهم معنى هذه الفكرة . ولن نقوم بالتحقيق فى امر لم يتوصل اليه التحليل بعد . لابد من وضع نظرية ذات معادلات يمكن حلها . ان مثل هذه النظرية التى لا تحاول ان تحدد ما الذى حدث فى لحظة فقدان الوعى « — التصادم — ستكون مقبولة ومرضية للجميع .

قد يستغنى عالم الاثار عن معرفة من بالذات وبواسطة اى اداة بالذات وفى اى يوم بالضبط جرى أكتشاف تاريخى قيم . فمن المهم بالنسبة لعالم الاثار ان يعرف فقط ، فى اى مكان وفى اى طبقة حضارية ، اكتشف الشىء القديم . وهذا يناظر تماما الشروط الاولية للتفاعل النووى المعروفة جيدا لدى العلماء التجريبين .



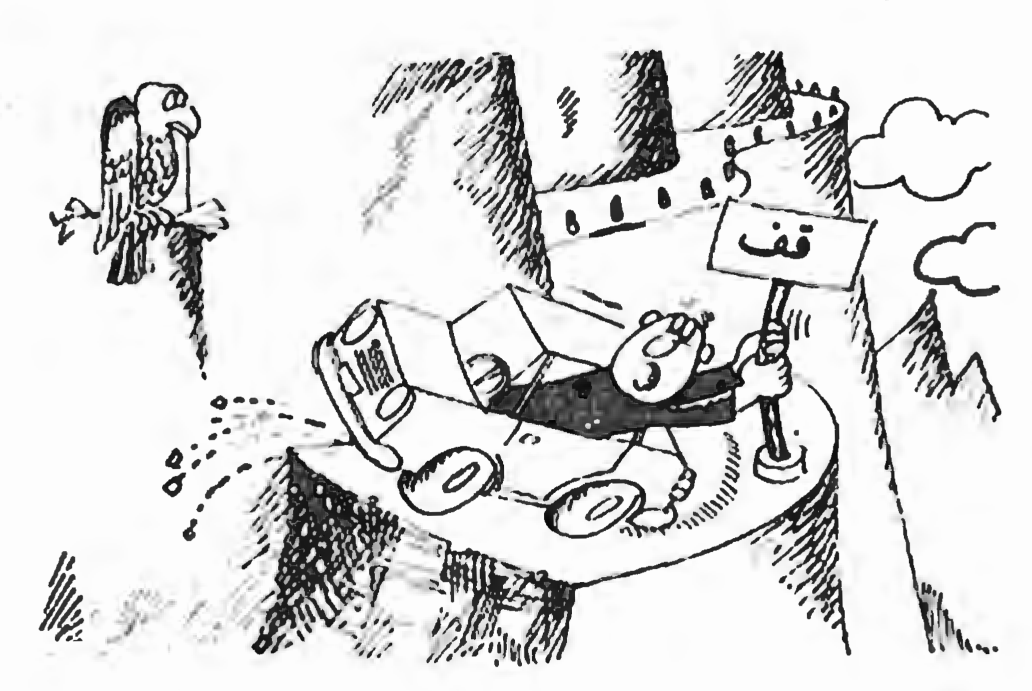
ثم يجب ان تتوفر لدى عالم الاثار امكانية البحث المباشر للشيء المكتشف اما وصف ما اكتشف وكذلك النتيجة التجريبية التي يحصل عليها في فيزيا' الجسيمات الاولية ، فلا تكتسب قيمة الا بعد المعالجة النظرية لها .

وسيجتهد عالم الاثار حتما لمعرفة زمن الشي' المكتشف ، ولو تقريبا ، وبهذا يحدد قيمته ، ولكن عندما يحاول الفيزيائيون عمل نفس الشي' — الحصول على عناصر المصفوفة — S من المعادلات — فتقف في طريقهم صعوبات ، لا يمكن اجتيازها ولا يزال مغلقا « الطريق السلطاني » ، في المدخل المصفوفي لتكوين النظرية الجديدة ، ايضا . وعندئذ تظهر مجموعة من الطرق الملتوية غير المباشرة . وتأقلم النظريون في معالجة المعلومات التجريبية ، بافتراض

بعض خواص معينة لعناصر المصفوفة ، معبرين عن فرضيات محددة ، دون ان تكون لها صلة بالبديهيات الاساسية .

ان كل طريق من الطرق غير المباشرة مدين لا فقط لمنطق المكتشف الاول الصارم ولكن لحدسه ، وبديهته الخاصة في معاملة المعطيات التجريبية .

ولا يعرف هل يمكن الوصول الى الهدف النهائي بالسير في هذه الطرق ، وانشاء البناء من هذا الكوم من اللبنات . لكن الى الآن ، لا زالت هذه الطرق لا تقود طارقها بعيدا ، وهي تنقطع كثيرا . وعلى اساس هذه الفرضيات الخاصة ، يمكن في بعض الاحيان تحديد علاقات غير متوقعة ، ما بين العمليات المختلفة . ولكن يمكن في كل مرة جمع كمية صغيرة جدا من اللبنات ، في شكل كامل .



قال بلوخيتسيف مدير مختبر الفيزياء النظرية للمعهد الموحد للدراسات النووية « ان النظرية الموجودة ذات طابع موزاييكى ويمكن تفهم ، بل وحتى حساب ، بعض الظواهر المتفرقة . ولكن غالبا ما تكون وجهة النظر الصحيحة لمجموعة من الظواهر ، رديئة التوافق مع وجهة نظر اخرى ، تشرح جيدا مجموعة اخرى من الظواهر . فلا توجد صورة عامة ولكن حددت فقط اجزاء متفرقة منها » .

لم يستخلص النظريون من كومة الحقائق التجريبية حتى الآن الا تفاصيل متفرقة للبناء المستقبل للفيزياء الحديثة .

لكن قد يحدث ان يتطلع احدهم الى هذا الموزاييك من بعيد مرة ويستطيع ان يضع جميع الاجزاء التى اكتشفت فى اماكنها ، ويضع الفرضيات الخاصة فى تصميم معمارى موحد لبناء الفيزياء هو نظرية الجسيمات الاولية .

« نظرة ماكروسكوبية » الى عالم الجسيمات الدقيقة

قد يكون من الضرورى جدا فى بعض الاحيان ، ان يتمكن المرء من مشاهده صورة العملية بالكامل .

وتكفى نظرة واحدة من الطائرة ، لكى نكتشف فى التلال التى تعرقل الحفريات الاثرية بقايا منازل مدفونة . وترى الشرائط المحفورة على صخور الهضبة المكسيكية ، من ارتفاع شاهق وكأنها صورة ضخمة لطيور .

ويذكر عمل الفيزيائيين النظريين ، الذين يتفحصون ويتحسسون كل حقيقة تجريبية جيدا بداية حفريات منشأة هامة للغاية ، ولكنها غير مفهومة . ويثق الفيزيائيون فى انه سيتم فى وقت ما ، وبطريقة ما ، ازالة الانقاض . يقول ف . دايسون : « حقا انه يمكننا ان نزيل فى المرة الواحدة جذعا واحدا من الخشب ، وقلما يتحرك احدها عندما ندفعها » .

ويترك انطباعا « غريبا » عالم الجسيمات الاولية الذى لم يحط به الفكر النظرى والذى لم نتعرف عليه بعد . ولقد كتب الفيلسوف الانجليزى فرانس بيكون : « لا يوجد شيء رائع حقيقة ، بدون ان يتميز بقدر معين من الغرابة » . ويحمل احد كتبنا العلمية المبسطة الرائعة اسم « حتمية العالم الغريب » ، وهو للكاتب دانين .

ولكن هل هذه الغرابة حتمية بهذا الشكل ؟ فلنكف عن النظر الدقيق الى الجسيمات ، وتصرفاتها ، ولنحاول النظر من « اعلى » الى كل ما تجمع من النتائج التجريبية ، بان نحيط بنظرة واحدة ، هذا العالم العجيب الجديد .

يتساءل جيل — مان : « الا يقضى على الجمال ، وجود الاختلالات الكبيرة جدا فى النسب ، والانحرافات الغريبة عما هو معترف به ؟ ويجيب على ذلك قائلا : على مدار كثير من السنين ، عانى واحد من اهم قطاعات العلم الفيزيائى — هو دراسة تكوين المادة — من مرض اسمه الغرابة . عندما كان الفيزيائيون يبحثون



المادة على مسافات صغيرة جدا ، ظهرت لهم كخليط عفوى لجسيمات أولية منفردة ، ولم يكن من الممكن ملاحظة وجود نظام دقيق بينها . والآن ، واخيرا ، بدأت تتضح الصورة بعض الشئ . ونفس كلمة « الغرابة » دخلت الى قاموس الفيزيائيين ، وتناقصت نسبتها بحيث ظهر جمال التنظيم » .

وتصبح الجسيمات ، المختلفة عند القا' نظرة قريبة عليها ، مثل البروتون والنيوترون ، واحدة تماما من وجهة نظر التأثير المتبادل القوى . وبادخال عدد كمى جديد « الغرابة » استطاع م . جيل — مان و أ . نيشيدجيما من وضع حتى الكا — ميزونات الغريبة فى المخطط العام لتصنيف الجسيمات .

وكلما زادت التفاصيل الممكن ان نحيط بها بنظرتنا ، كلما اصبح اكثر تنظيما تراكم النتائج التجريبية الذى بدا يدون شكل سابقا .

وفى بداية عام ١٩٦٠ ، ظهرت مقالة فى المجلة العلمية الامريكية بقلم العالم الفيزيائى النظرى الشاب ساكوراى . وقد سبق ظهورها تردد معذب للمؤلف : هل ينشرها ام لا ؟ واعتقد ان الدور الرئيسى فى الاجابة على هذا السؤال بالايجاب كان يعود لشبابه . اذ كان من السهل عليه ان يتغلب على المخاوف ، التى يعانيها كل باحث يأمل فى الوصول الى نتائج هامة .

يقول ديراك : « انتم تستطيعون الاعتقاد ان الباحث الجيد يقيم النتيجة بهدوء تام بلا ادنى قلق ، بان يناقش منطقيا ، وينمى فكرته بطريقة رشيدة تماما . ولكن الامر ليس بهذا الشكل ، فالباحث هو انسان ولو انه يحمل امالا عظيمة ، الا انه يعانى من مخاوف عظيمة » .

وقبل نشر مقالة ساكوراى عرف بموقف رفاقه السلبى منها . وقال الجميع : « لا وجود للجسيمات التى تتنبأ بها ! » . ولكن كم من الثقة بالنفس ، حتى ولو لم يحس بها المؤلف نفسه ، ومن الشجاعة والعزم تطلبتها الخطوة الاخيرة من ساكوراى ! وسلم المقالة المختلف عليها الى المطبعة .

وقابل النظريون ظهور هذه المقالة ببرود ، بل ولم يعرها الكثيرون اى انتباه . ولكن رد فعل التجريبيين كان مختلفا عن ذلك تماما .

وقلما كانت ترد من النظريين تعليمات محددة . فقد كانوا يشتغلون بالحفريات » ، وبمعاملة النتائج التى يحصل عليها .

اجريت التجارب في اضخم المعجلات فى العالم ، وسريعا ما اكتشفت كل الانواع الثلاثة للجسيمات التى وصفها ساكوراى ، ولقد كانت هذه الجسيمات غير عادية جدا ، اذ انه بدون اكتشاف الميزونات الموجهة – كما سميت آنذاك – لم يكن من الممكن ظهور فكرة الكواركات .

قال جيل – مان مرة ان الطبيعة بسيطة ، لو عرفنا كيفية معاملتها . ولقد نتج تاريخيا ، انه وضعت اولا نظرية الكم للتأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية ، ثم بالتماثل معها ظهرت نظرية التأثير المتبادل النووى القوى . ولقد فهمت العلاقة ما بين النيوكلونات بالمطابقة مع العلاقات الموجودة بين الجسيمات المشحونة . وتبادلت الالكترونات كمات المجال الكهرومغناطيسى – الفوتونات اما النيوترونات او البروتونات فتبادلت البى – ميزونات . ولكن من يؤكد ان هذا هو التفسير الوحيد الممكن والصحيح ؟

قال ساكوراى « ان نظريتنا تذكر بطريقتها الخاصة بملاحظة فينمان ، عن ان الافكار الجديدة يلزم تكوينها بتوجيه السؤال : ماذا كان سيحدث لو ان التاريخ سار بطريق آخر » .

لقد بدأ الطريق الذى اقترحه ساكوراى من نفس المنطلق

الذى بدأ منه الطريق السابق اى من التماثل بين التأثيرت المتبادلة الكهرومغناطيسية .

ويعرف اى تلميذ فى الصفوف العليا من المدرسة ، ان الشحنة الكهربية هى منبع المجال الكهرومغناطيسى ، وان هذه الشحنة تحدد قوة التأثير المتبادل بين الاجسام المشحونة . ولكن نحن نعرف ، بالاضافة الى ذلك ان الشحنة الكهربية يحافظ عليها بدقة عظيمة عند اى تحول للمادة . وفى التفاعلات النووية ، وعند تصادم الجسيمات الاولية ، تكون الشحنة الكهربية الكلية للجسيمات قبل التفاعل ، مساوية دائما لشحنة كل الجسيمات بعد التفاعل . ولا يوجد اى شىء جديد هنا . فقد اكتشف قانون بقاء الشحنة الكهربية منذ زمن بعيد ، والعلماء التجريبيون متأكدون من ثباته .

فى الثلاثينيات انتبه العالم الفيزيائى النظرى المشهور ى . ويجنر الى هذا الدور المزدوج للشحنة الكهربية : انتبه الى ان احدى الخصائص الداخلية للشحنة ، مثل المحافظة عليها ، تظهر ديناميكيا (تحدد قوة التأثير المتبادل) . وكطبيعة الانسان ، التى اساسها طرازه الانفعالى — توجد فى الاعماق فى كود الوراثة وتظهر فى تصرفه اليومى ، وفى افعاله .

ويتركز جوهر فكرة ويجنر وشوينجر ويانج وميلس واوتى‌ياما فى ان قوة اى تأثير متبادل لابد وان ترتبط بالمحافظة على قيمة الشحنة عند ذلك .

وتبقى عند التأثيرت المتبادلة القوية ايضا ثلاث قيم هى : اللف النظائرى والشحنة الهيبربة والشحنة الباريونية . وماذا لو انها تظهر ايضا ديناميكيا فى التأثيرات المتبادلة القوية ؟ عندئذ يفتح الطريق لتكوين النظرية الجديدة !

ولقد وضع ساكوراى امامه مهمة ان يعرف ـ هل توجد ثلاثة انواع من التأثيرات المتبادلة تناظر هذه القيم الثلاث المحافظ عليها ؟ وقد اتضح من نتائج بحثه انه بالتشابه مع حاملات المجال الكهرومغناطيسى ـ الفوتونات يجب ان توجد فى الطبيعة ثلاثة انواع من الميزونات الموجهة ـ الحاملة للتأثير المتبادل القوى ـ والتى اكتشفها التجريبيون بعد فترة وجيزة .

كتب ساكوراى : « لو اتضح ان النظرية المقترحة صحيحة ، فبالطبع سيظهر سؤال : الا تستند كل التأثيرات المتبادلة الاساسية الموجودة فى الطبيعة (الكهرومغناطيسية ، والنووية ، والضعيفة ، والجاذبية) على قوانين بقاء الخواص الداخلية ؟ »

يتبين للقارىء مدى النطاق الواسع الذى يشمله كل انواع التأثيرات المتبادلة ! انها لامكانية مثيرة تلك التى تعطى « ابجدية » موحدة اى الاساس النظرى الموحد للعلاقات المتبادلة « كثيرة اللغات » بين الجسيمات الاولية ! والشىء الاهم هو ان هذه الامكانية نبعت ، لا كنتيجة لاستخدام الطرق التحليلية المبنية منطقيا ، كما يفعل ذلك

عند بنا" نظرية الكم للمجال ، ولكن نتيجة البحث عن مظاهر التماثل فى العلاقات المتبادلة بين الجسيمات .

كتب الاستاذ سموروردينسكى : « ظهرت على خلفية مئات من المحاولات لبنا" نظرية مقبولة لظواهر عالم الجسيمات الدقيقة ، طريقة جديدة وشكل جديد للمناقشة تخلو للنظرة الاولى من قواعد دقيقة . انها طريقة التماثل ، التى اتضح انها مؤثرة جدا فى استعمالها بالذات بالنسبة للعمليات التى تبدو النظرية القديمة عاجزة بالنسبة لها » .

وقبل هذا الوقت درس جيل – مان لعدة سنوات التنظيم المنهجى للجسيمات الدقيقة وبحث عن وجهة نظر مناسبة ، التى انطلاقا منها يمكن الاحاطة بنظرة كل الجسيمات الاساسية . وعندما ظهرت مقالة ساكوراى كان هو ربما اكثر من الاخرين استعدادا لتقبل ما تحتويه من افكار . وعلى الرغم من عدم رضى السواد الاعظم من النظريين ، فانه استخدم مباشرة الفكرة الموجودة بها فى تصنيف الجسيمات الاولية (الطريق الثمانى) .

كتب رائد الفضا" سيفاستيانوف فى مذكراته ، انه عندما كان يطير فوق وارسو قرر ايضاح ما الذى يكمن فى « النظرة الماكروسكوبية » من الفضا" فوق مركز القارة الاوروبية . ولقد رأى توا شبه الجزيرة الاسكندنافية وبحر البلطيق ولينينجراد وبحر الادرياتيك والبحر الاسود وبعد ذلك موسكو .



لقد سمحت آرا" يانج ـ ميلس ـ ساكوراى بالقا" « النظرة الماكروسكوبية » على عالم الجسيمات الاولية وعند ذلك اكتشاف تنظيمه . فقسمت كل الجسيمات الى عدة عائلات كبيرة مؤلفة من ثمانية او عشرة اعضا"، وفى كل واحدة من هذه العائلات ظهرت الجسيمات على انها متكافئة رياضيا، وتماثل كل واحدة منها الاخرى .

ولا يعطى هذا متعة جمالية فقط ، ف « انسجامية الطبيعة » التى اكتشفت تخدم باخلاص المسائل العملية لفيزيا" عالم الجسيمات الدقيقة . ولقد امكن بفضلها، ولاول مرة ، حساب احتمالات العمليات التى تشترك فيها الجسيمات ـ اعضا" العائلة الواحدة . وظهرت علاقة ما بين هذه الظواهر التى لم يكن يلاحظ بها سابقا اى شى" عام.

وباختتام اعمال المؤتمر العالمي الثاني عشر لفيزياء الطاقات العالية في دوبنا (المؤتمر الذى استمع فيه العلماء لاول مرة عن التجارب على الكا - ميزونات) ، قال د . بلوخينتسوف اننا لسنا بعيدين عن هدفنا المشترك - اكتشاف قواعد جديدة للنظرية التى تتحكم فى عالم الجسيمات الاولية . الا انه اضاف قائلا : « ويستطيع المتشككون ملاحظة ما يلي : ربما انت على حق ، ونحن قريبون جدا من الهدف ، لو اننا نسير فى الاتجاه الصحيح ... » .

ولكن من المستحيل الآن القول اى من الاتجاهات الحديثة الموجودة فى النظرية صحيح . ولكن يبدو ان العلماء الذين يعتبرون ان كل نظرية من النظريات المتنافسة تضم جزءا من الحقيقة ، وتكمل كل منها الاخرى بمقدار معين هم على حق .

الجسيم الشبح

معجل سيربوخوف .. فلنعد مرة اخرى الى الاداة الفريدة هذه لفيزيا الجسيمات الاولية . فهو يسمح بالتغلغل الى الاعماق المحظورة للمادة حيث كل خطوة للامام تأتى باكتشاف على الرغم من ان القيام بها يغدو اصعب فاصعب .

من الصعب ان نحول بصرنا عن الخط الدقيق للمغناطيس الحلقى . ولكن ما هو ؟ ان التماثل المثالى تقريبا لمغناطيس سيربوخوف قد اصابه الخالل ، فبين وحدتيه الخطيتين حول الغرفة المفرغة للمعجل ،

ظهر بناء على شكل كرة يبلغ قطرها ٥ امتار تقريبا . ويدعوها الفيزيائيون رسميا « جهاز لتسجيل احادى قطب (مونوبول) ديراك » اما اذا تحدثنا ببساطة فهذا احدث تصميم لمصيدة يصطاد بها واحد من اكثر الجسيمات شبحية ، والذى يحلم الفيزيائيون منذ زمن بعيد بمقابلته .

تعتبر التأثيرات الكهرومغناطيسية المتبادلة ، المجال الوحيد فى الفيزياء الحديثة الذى يتم فيه ، كما يقول الاستاذ سموروديسكى « تطابق النظرية والتجربة الآن حتى اجزاء من الالف بالمائة ، تاركة الفيزيائيين فى دهشة وقورة امام القوة القادرة على كل شىء للالكتروديناميكا التى تصف بنزاهة العمليات الجارية فى المجرات وفى النوى الذرية » .

ولكن حتى فيها ، فى الكتروديناميكا الكم ، التى يجد فيها الكثيرون صورة للنظرية المقبلة للجسيمات الاولية لا تزال هناك « بقع بيضاء » . واحداها هى ان الجسيمات الاولية التى تختلف اختلافا كبيرا فى الكتلة ، وبطول العمر وبالخواص الاخرى تكون ذات شحنة كهربية واحدة تماما مساوية تماما لشحنة الالكترون .

وقد اعطى ديراك التفسير الوحيد لهذه الحقيقة التجريبية العجيبة فى عام ١٩٣١ . فمعادلته الرائعة للالكترون ، التى تعتبر اساسا للكهروديناميكا ، قد فتحت الابواب لاول مرة للدخول الى ضديد

العالم . كما سمحت له ايضا بان يضع استنتاجا آخر عن امكانية وجود جسيم ذى شحنة مغناطيسية يسمى بالمونوبول (احادى القطب) .

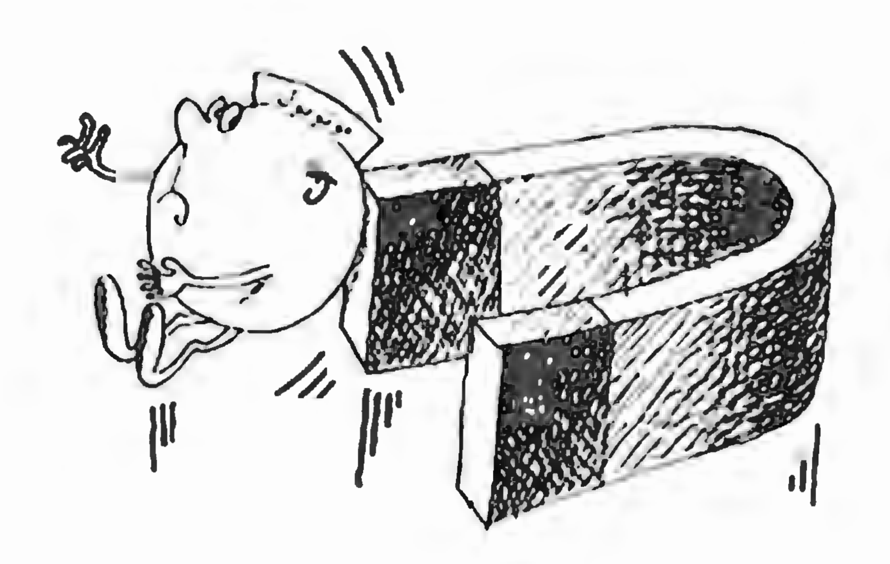
لو ان المونوبول حقيقة ، لاستخلصنا فى الحال ، تبعا للنظرية ، ان الشحنات الكهربية يجب ان تكون مضاعفة لكمة الكهربا‌ء ، المساوية لشحنة الالكترون . وبعد اكتشاف البوزيترون صار العلماء ينظرون بجدية اكبر الى النبوءة الثانية .

لقد مضى اكثر من اربعين عاما على ذلك الوقت ، الذى قيلت فيه هذه الفكرة . ولكن لا توجد الى الآن أى فرضيات اخرى منافسة لها . وبالطبع فان العلماء التجريبيين يكرسون منذ زمن بعيد جهودهم للبحث عن المونوبول . وكالسراب فى الصحراء فانه يسخر من الخيال ويجبر العلماء على القيام بمحاولات حاذقة اكثر لاكتشافه .

ولكن هل يعرف الفيزياثيون اى شىء عن هذا الجسيم الشبح ؟ الا يذكر البحث عنه ، بالوضع الذى تصوره جيدا الحكايات الشعبية الروسية « اذهب الى هناك ، لا اعرف الى اين ، جد ذلك ، الذى لا اعرف ما هو » ؟

ويقول بطل احدى المسرحيات البوليسية « انه لم يتعلم البحث عن المجرم ــ الشبح ، فهو لابد ان يعرف عنه ولو اى شئ بالتحديد » .

والنظرية لا تدلل ، لا الباحثين عن الكواركات ، ولا الباحثين عن المونوبول . ففى ايدى اولئك وهؤلاء علامة محددة هى الشحنة الكهربية الكسرية لدى الكواركات وشحنة مغناطيسية كبيرة :



بسبعين مرة اكبر من شحنة الالكترون ، لدى الجسيم الذى تنبأ به ديراك .

وهكذا ترى ان المعلومات ليست كثيرة بل هى حتى قليلة . ولكن لو ان المحقق المجرب ، حتى بتحليل التراب المأخوذ من على بدلة المتهم ، يستطيع ان يعيد صورة الجريمة ، فان الفيزيائى يستطيع انطلاقا من قيمة الشحنة المغناطيسية للجسيم والى حد معين تصور سلوكه فى المادة .

ان الشحنة هى اهم حيثية لا يمكن اخفاؤها . فالتأثير المتبادل الكهرومغناطيسى القوى جدا يؤلف الصفة التى تميز المونوبول عن كل الجسيمات الاولية الاخرى . ولو وقع على لوح تصوير حساس فبعد اظهاره سنجد اثرا مكثفا وسميكا ، مثل الذى تتركه النواة الثقيلة .

يجب ان يخضع المونوبول، ذو الشحنة الكبيرة جدا، بسهولة لتأثير المجال المغناطيسى . وحتى المجال الضعيف للارض سيؤثر

عليه مثلما يؤثر المجال الكهربى شدته ۱۰۰ ۰۰۰ فولت/سم على الالكترون !

الا يمكن بطريقة ما استخدام مثل هذا الظرف غير العادى لاكتشافه ؟

ولدت قبل ظهور المعجلات القوية بوقت طويل فكرة البحث فى الطبيعة عن المونوبولات الحرة ، التى قد تكون وقعت على الارض ضمن الاشعة الكونية، او التى نشأت فى المحيط الجوى للارض . ولكن اين نبحث عنها ؟ اذ انه غير معروف لاحد فى اى مكان بالذات قد وقعت عندما وصلتنا طائرة الى الارض .

وهنا تظهر السمة الرئيسية للمونوبول وهى : ان الشحنة المغناطيسية تجعله حساسا جدا تجاه المواد المغناطيسية . فلا بد وان تنساق تبعا لخطوط الجهد للمجال المغناطيسى لكوكبنا الى ان تقابل فى طريقها الحديد أو خاماته . وبالتفاعل المتبادل معه ستتجمع هذه الجسيمات فى هذه الصخور .

يتم اخراج دقيقة من المعدن لدى وقوعها فى العين بواسطة مغناطيس يقرب من العين . وكذلك بالضبط وبواسطة مجال مغناطيسى قوى جرت محاولة انتشال المونوبولات التى قد تكون توقفت فى الصخور المغناطيسية .

وفى الولايات المتحدة الامريكية فى جبال اديروندداك حيث توجد مخارج الصخور المغناطيسية الى السطح وضع مباشرة على الصخور

ملف لولبى نبضى قوى . وكان المجال المغناطيسى فى منتصف الملف اللولبى ، وعلى سطح الصخور يساوى ٦٠ كيلوجاوس . ووضع فى الجزء العلوى للملف اللولبى لوح تصوير حساس كان لابد وان « يوقع » عليه كل مونوبول خارج من الصخور ومسرع فى الملف اللولبى . ولكن عندما تم اظهار اللوح الحساس اتضح انه لا يحتوى على اى من « الاوتوجرافات » المرجوة .

وجرت محاولة لـ « شفط » المونوبولات من النيازك الحديدية التى كانت هائمة فى الفضاء طيلة ملايين السنين . وبحث فى عينات المعادن المغناطيسية المستخرجة من قاع المحيط : اذ ان المونوبولات السريعة ، المتولدة عند تصادم الجسيمات الكونية ذات طاقة تصل حتى ١٠^٢٠ الكترون ــ فولت مع المادة المكونة للمحيط الجوى كان يمكن ان تتراكم هنا خلال ملايين السنين . ولكن كل هذه الابحاث باءت بالفشل .

وحاول العلماء اكتشاف آثار المونوبولات الكونية السريعة فى الميكا ، وفى الزجاج البركانى ، ولكن لم يتسن لهم اكتشاف هذه الاثار .

منذ عدة سنوات مضت ، عندما احضر افراد بعثة « ابولو ــ ١١ » لاول المرة الصخور القمرية الى الارض ، قام الاستاذ الفاريتس ، من جامعة كاليفورنيا ، بتجربة فريدة ، اذ قرر ان يبحث عن المونوبولات فى عينات الصخور القمرية . ان عمر القمر كبير بما

فيه الكفاية (٣ — ٤ مليارات سنة) ولم يتغير سطحه بدرجة كبيرة ، ومن الممكن ان تكون قد تراكمت هناك مونوبولات كونية كثيرة جدا .

سحبت الصخور غالية الثمن على شريط يسير ببطء عدة مرات خلال كونتور كهربائي مصنوع من مادة فوق موصلة . ان المونوبولات — هي شحنات — اى منابع لمجال مغناطيسي قوى . وما دام الامر كذلك ، فيجب ان يتولد في الموصل المقفل تيار كهربائي .

لقد استخدمت في التجربة كل التسعة كيلوجرامات من الصخور القمرية التي احضرها رواد الفضاء الامريكيون، ولكن لم يتسن ملاحظة التيار الكهربائي المستحث .

قد يبدو انه من الممكن التوصل الى استنتاج نهائي بعدم وجود المونوبولات في الطبيعة . ولكن لم يفعل الفيزياتيون ذلك . اذ انه لا يعرف احد بدقة ، كيفية تصرف المونوبولات في المادة . وفي تجارب سحبها من المواد المختلفة ، كان يعتبر انه خلال زمن التكلس لم يحدث اى شيء للمونوبولات . ولكن من اين أتت هذه الثقة ؟

وهناك ايضا عدم تحديد آخر . فقد نتج ، اعتمادا على حسابات معينة ، ان طاقة ارتباط المونوبول في المادة تساوى الطاقة الكيميائية وهى عدة الكترون — فولت فقط . ولكن اظهرت حسابات اخرى

انها قد تصل الى عدة مئات من الميجا ـ الكترون ـ فولت ! وعندئذ يصبح استخراج المونوبولات من الصخور بواسطة المجال المغناطيسى امرا مستحيلا ببساطة .

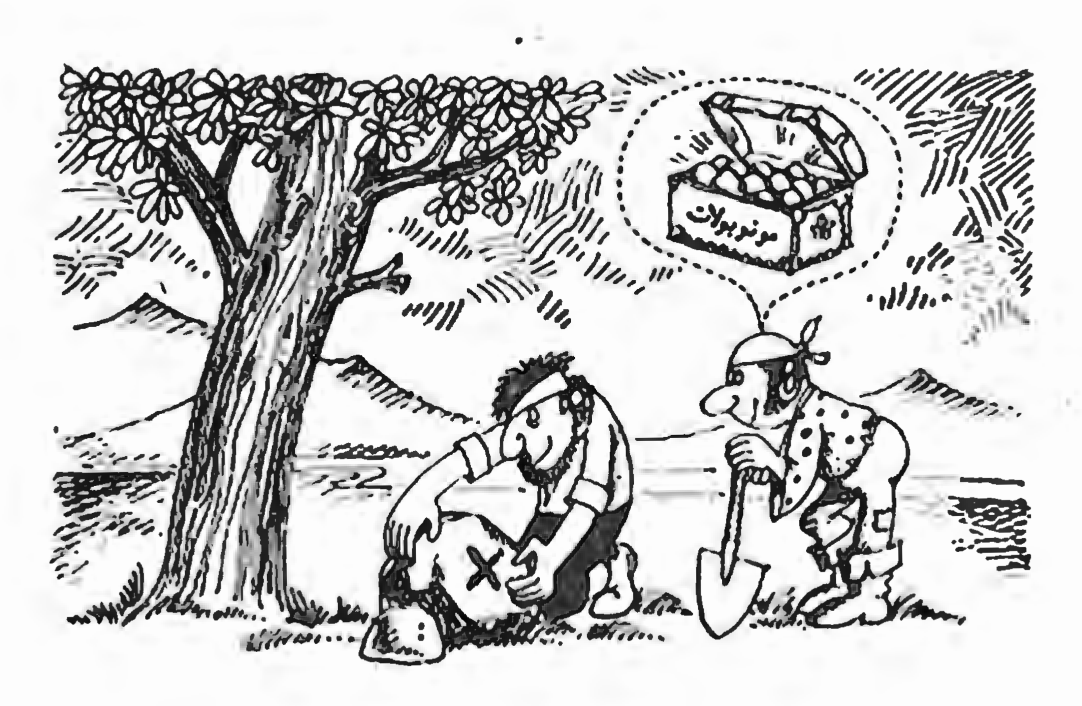
ولم تغير من الوضع التجارب الاولى التى اجريت فى بيركلى على البروتونات ذات طاقة تبلغ ٧ جيجا الكترون ـ فولت فقط . ولم تغيره ايضا التجارب التى اجريت على البروتونات ذات الطاقة ٣٠ جيجا الكترون ـ فولت . ويعتبر الفيزيائيون ان ازواج المونوبولات ، مثلها مثل الجسيمات الاولية الاخرى ، يمكن ان تولد عند تصادم الجسيمات ذات الطاقة العالية مع المادة . ولكن باى طاقة ؟ ولا تجيب نظرية ديراك على هذا السؤال . وتعتمد الطاقة اللازمة لتولد المونوبول على كتلته ، ولكننا لا نعرف شيئا عن كتلة المونوبولات .

وهكذا لم نحصل على اى نتيجة مرضية فى خلال عشرين سنة من البحث المتواصل عن هذا الجسيم الشبح . ولقد كان من الممكن ان يضيع حماس العلماء بالنسبة لمشكلة المونوبولات بمرور هذا الزمن الطويل .

لكن اليكم ما قاله منذ عدة سنوات مضت ديراك نفسه مؤلف نظرية المونوبول : « بعد ان حددت وجود البوزيترون توصلت الى فكرة وجود جسيم جديد ـ المونوبول المغناطيسى . ويقوم ذلك على حسابات رياضية رائعة ، وسنكون سعداء لو اتضح ان المونوبولات توجد حقيقة فى الطبيعة ، وتستعمل الحسابات الرياضية العظيمة » .

كلا ، لم يتراجع ديراك عن نبوءته ويعتبر ظهور الجهاز الكروى الشكل الذى يشبه القمر الصناعى فى غرفة مفاعل سيربوخوف خير دليل على ان البحث عن هذا الجسيم مستمر باهتمام لم يضعف . ولقد فتح مفاعل سيربوخوف صفحة جديدة فى تاريخ البحث عن مونوبولات ديراك . فالطاقة التى تحصل عليها الجسيمات فى المعجل كافية لتكوين مونوبولات اثقل من البروتونات بخمس مرات .

وفى التجارب الاولى فى سيربوخوف وضعت مجموعة من الفيزيائيين التابعين لمعهد الطاقة الذرى المسمى باسم كورتشاتوف ، فى تدفق البروتونات ذات الطاقة الضخمة ، هدفا افترض ان تتولد فيه مونوبولات ذات اشارات مختلفة للشحنات المغناطيسية . وكان يجب على المجال المغناطيسى للمعجل ان يحرفها فى اتجاهات



معاكسة ، حيث توجد شرائط تكديس من مادة فيرومغناطيسية . وبمرور عام ونصف توفرت فى خلالها للمونوبولات امكانية التكدس هناك وضعت الشرائط فى مجال مغناطيسى مقداره اكبر من ٢×١٠^٥ ارستيد . ومرة اخرى كان الاخفاق نصيبهم . لم يكتشف وجود حتى جسيم واحد .

لم تكن هذه التجارب شبيهة بالابحاث السابقة عن المونوبولات فى الطبيعة التى تذكر بالبحث عن كنز لا يعرف اين تم اخفاؤه . والآن عرف العلماء بدقة ، اين يمكن ان تظهر هذه الجسيمات الخفية ، ولكنهم حاولوا مع الاسف اكتشافها بطريقة التكديس التى تتميز بعيوب معينة .

وكان يمكن التخلص من هذه العيوب فقط فى حالة ما اذا سجلت المونوبولات فى لحظة تولدها فورا . وعندها ظهر فى معجل سيربوخوف مثل هذا الجهاز . وعندئذ اشتركت فى البحث عن جسيم ديراك مجموعة عالمية من الباحثين فى المعهد الموحد للابحاث النووية .

ويمكن اكتشاف اى جسيم مشحون يتحرك فى المادة بسرعة اكبر من سرعة الضوء بواسطة اشعاع تشيرينكوف الكهرومغناطيسى ، والمسمى بهذا الاسم تكريما لصاحب الاكتشاف ، الحائز على جائزة نوبل ، الاكاديمى تشيرينكوف . وتعتبر الآن طريقة تسجيل الجسيمات فوق السريعة باشعاع تشيرينكوف ، احدى الطرق الاساسية فى فيزياء الطاقات العالية .

وتبنى التجربة الجديدة على هذه الفكرة . ولقد استخدمت في ذلك ظاهرة امكان ان تتولد فى معجل سيربوخوف جسيمات ذات سرعة قريبة من سرعة الضوء فى الفراغ . وبوقوع احدها فى المادة ينبعث منه اشعاع تشيرينكوف . ومن بوابة خاصة وبواسطة الاتمتة حرك وثبت فى منتصف الغرفة المفرغة مخروط غير كبير مصقول جيدا من الكوارتز البصرى .

وعندما تطير الجسيمات المتولدة من تصادم حزمة البروتونات مع الكوارتز خلال جزء الكوارتز الذى يمثل قلب عداد تشيرينكوف ، يجب ان تضىء فيه . اما النظام البصرى المعقد المخفى تحت الغلاف والمتكون من مجموعة عدسات ، ومضاعف ضوئى، فيقوم بجمع وتسجيل هذا الضوء .

كان العلماء التجريبيون يقومون بملاحظة وضع الهدف عن طريق التلفزيون فرأوا كيف التهب وتلون عند مقابلته لحزمة البروتونات . وبدا من غير المحتمل ان المضاعفات الضوئية يمكن وسط هذه الهالة ان تلتقط اشعة تنتمى للمونوبولات بالذات .

لكن لم يشك الفيزيائيون فى ذلك ، اذ ان جهازهم كان يستطيع باحتمال مائة فى المائة اكتشاف كل مونوبول يظهر فى الجهاز ، اذ انه تبعا للنظرية التى حصل من اجلها الاكاديميان تام وفرانك على جائزة نوبل ، تشع الشحنة المغناطيسية ضوءا بمقدار يزيد ١٠٤ مرة على الضوء الصادر من اى جسيم مشحون آخر .

وبالاضافة الى ذلك، فان مونوبول ديراك كان سيسجل، لو اتضح انه غير مستقر ويظهر فقط للحظة قصيرة . يقول المشرف على هذه التجربة الدكتور فى العلوم الفيزيائية والرياضية زريلوف : « اننى ببساطة متأكد ان الشحنات المغناطيسية موجودة . والى الآن لا يوجد حظر نظرى ، وان استحداث هذا الحظر ليس اسهل من اكتشاف المونوبول . وانتم تعرفون كيف تحطمت سلسلة من الموضوعات الاساسية للفيزياء ، قد تكون جامدة ، فى مجال التأثيرات المتبادلة الضعيفة . ويبدو لى ان الوضع فى الوقت الحاضر كالآتى : فبقدر ما تكون قاعدة الحظر النظرية متشددة كلما هاجمها الفيزيائيون التجريبيون بقوة اشد . واعتقد ان احدا ما سيوفق فى اكتشاف المونوبول » .

• • •

فى عام ١٩٧٢ بدأ العمل اكبر معجل بروتونات فى باتافيا القريبة من شيكاغو وطاقته ٤٠٠ جيجا الكترون ـ فولت . وكل ماكينة جديدة ذات مسائل جديدة ؟

لا ، فقد ظلت المسائل نفسها كالسابق نظرا لانها لم تحل بعد . وانتقل الجهاز الفريد الذى صممه تيكيتين المزود بالهدف الهيدروجينى النفاث مع صانعيه الى ما وراء المحيط لقياس طاقات البروتونات فى مجال جديد . ان اكثر من نصف جميع مشروعات العلماء التجريبيين المقترحة للتنفيذ فى باتافيا تنتمى الى البحث عن الكواركات ، ومونوبول

ديراك . وتستمر الابحاث المثابرة للبوزون البيني ــ ناقل التأثيرات المتبادلة الضعيفة . والتجارب على النيوترينو ذات الطاقات التى لم تكن ممكنة من قبل هامة جدا ، وهى ذات اهمية كبيرة لاختبار النظرية الجديدة للتأثيرات المتبادلة الضعيفة ا س . فاينبرج . ولقد سمى احد النظريين الكبار هذه النظرية باضخم شيء تم التوصل اليه خلال الخمس عشرة سنة الماضية . وكما ترى فان المجهودات مركزة على عدد صغير من المشاكل الجوهرية .

وفى عام ١٩٦٩ ضيق الفيزيائى النظرى شوينجر اكثر دائرة المسائل التجريبية بافتراضية تقول بان الدايون جزء مكون لكل الجسيمات الاولية . ولكن ماذا عن النموذج الكواركى للمادة ؟

ان المونوبولات والكواركات اثقل بعدة مرات من البروتونات ومتصلة بالفكرة عن وجود اشكال جديدة للمادة . ولقد جمع شوينجر « مصائر » هذين الجسيمين : ربط مسألة التأثيرات المتبادلة الكهرومغناطيسية ــ مونوبول ديراك ــ بمسألة تصنيف الجسيمات الاولية ــ الكواركات . ولو وجد المونوبول لوضح مباشرة لم تكون كل الشحنات الكهربية مضاعفة . ولكن ستختفى فى نفس اللحظة فكرة الكواركات ، الجسيمات التى يبلغ مقدار شحناتها $\frac{١}{٢}$ و $\frac{٢}{٣}$ شحنة الالكترون .

وينقذ الدايون ، الذى افترضه شوينجر ، الوضع . فيمكن لديه

فقط ، هو الجسيم ذو الشحنة المغناطيسية ، ان يكون تبعا للنظرية شحنة كهربية كسرية .

ولا تتعارض الشحنة الكهربية الكسرية لهذا الهجين مع الشحنة الكاملة المضاعفة لشحنة الالكترون لدى الجسيمات التى ليس لها شحنة مغناطيسية . ولو وجدت الدايونات لساعد هذا فى توضيح حتى الاخلال بالتماثل – CP عند التأثيرات المتبادلة الضعيفة .

هل سيستطيع العلماء التجريبيون اعطاء اجابات على الاسئلة التى وضعها النظريون ؟ وهل ستكون كافية لبناء النظرية الجديدة للجسيمات الاولية ؟ لا يعرف ذلك احد حتى الآن . وقد يحل كل شيء خلال السنوات القليلة القادمة ، وقد تؤدى الاجابات المتحصل عليها الى دائرة جديدة من الاسئلة . يمكن ضمان « لانهاية المجهول ولانهاية الطريق السعيد للمعرفة » فقط .

وليس عبثا أنه فى نهاية رواية « فاوست » الكوبنهاجينية التى كتبها مريدو نلس بور والتى قدمت فى الاحتفال بنهاية مؤتمر الفيزيائيين فى عام ١٩٣٢ يقول ميفيستوفيل :

التجربة – كالصراحة :
لتكن خالية من النظرية تماما ،
لكن صفحة جديدة للطبيعة
تدعونا الى تأملات جديدة .

العلـــــم الكبـــــير

وبفلطية أى فرق جهد
وبالحد البعيد الخيال
اختار المستقبل فى كومة
الادوات التى لم ينشرها أحد بعد .

ب . أنتوكولبكى

فى السابق والحاضر

ما هو سر « مهنة » الفيزيائيين التجريبيين الحديثين ؟ لقد كان الانسان البعيد عن العلم يستطيع سابقا وهو يقف خلف ظهر رذرفورد أن يتخيل نفسه مشاركا فى اكتشاف النواة الذرية بملاحظته للومضات القليلة على الشاشة المضيئة، مثلما نعتبر انفسنا مشاركين فى عمل فنان الحفر على المعدن نظرا لأننا نرى كل عملياته المتتالية .

ولقد استعمل تشادويك فى التجربة الحاسمة لاكتشاف النيوترون جهازا واحدا فقط هو غرفة التأين . وصادف تطابق ظهور

النبضة الكهربية فى فتحة الخروج بها مع دخول البروتون المشحون فى الغرفة . ووضوح التجربة هنا أقل من وضوحها عند العمل مع الشاشة المضيئة و لكنها كبيرة بما فيه الكفاية . وكانت تكفى ازاحة منبع جسيمات ألفا جانبا أو ابعاد جزء البارفين الموجود أمام الغرفة والتى كانت تطير منها البروتونات المستخرجة بواسطة النيوترونات لكى يصمت العداد الميكانيكى .

لقد قام رذرفورد باكتشافات عظيمة مستخدما المعدات البدائية وكان يصنع اجزاء منها بنفسه حتى من علب المعلبات . وكان الفيزيائيون عندئذ يقومون بتجاربهم لا بواسطة المعجلات ـ اذ لم تكن هناك معجلات فى ذلك الوقت ـ وانما بواسطة المنابع ذات النشاط الاشعاعى ، وكانوا فى أفضل الاحوال ، يتعاملون مع نوعين من الجسيمات . وكم كانت هذه الجسيمات « مريحة » ! كانت مستقرة مثل الالكترونات والبروتونات ، أو تعيش طويلا مثل النيوترونات . ولم يكن تسجيلها يمثل صعوبات ما : اذ أنها كانت تختلف كل عن الاخرى بدرجة التأين الذى تولده . وكان حتى الباحث المستجد يستطيع بدون مجهود أن يميز جسيم ألفا عن الالكترون تبعا لقيمة النبضة الصادرة من غرفة التأين .

ولكن بساطة تجارب بداية هذا القرن كانت ظاهرية . فعلى الرغم من كل بدائية المعدات ، كانت تجارب اكتشاف النواة الذرية ، والجسيمات الاولية ، صعبة للغاية لأنها كانت مرتبطة



بأولى الخطوات فى دراسة عالم الجسيمات الدقيقة . فقد مثلت المادة فى شكل جديد تماما غير متوقع أمام العلماء . وكان من الصعب التحرك بدون بوصلة النظرية فى محيط المجهول هذا الذى لا سواحل له . وكانت ميكانيكا الكم فى بداية مولدها ، ولم يكن يدور بعد أى حديث عن نظرية الجسيمات الاولية . ولم يكن يستطيع شق الطريق السليم فى هذه الاحوال الصعبة الا كبار الفيزيائيين فى قرننا الحالى .

والآن انتقل مركز الثقل فى الفيزياء التجريبية للطاقات الكبيرة الى تجسيد المعروف من التجارب . ومواضيع البحث من التعقيد بمكان بحيث أنه لا توجد طرق « بسيطة » لدراستها . والآن تعتبر أية تجربة فى فيزياء الطاقات العالية أصعب من التجارب الاولى بقدر

١٥°

ما تكون الساعة الذرية أعقد من الساعة الشمسية ، ومنذ زمن بعيد فقد عمل الفيزيائيين التجريبيين سحر البساطة الاولى .

وبقيت فى ذاكرة اساطين العلم القدماء فقط تلك الازمنة التى ليست بالبعيدة جدا ، عندما كان يحدد « مصير التجربة الفيزيائية عامل زجاج جيد ، وأما وجود ماكينة خراطة فى المعمل ، فكان يعد أساسا لابداء التنبؤات المتفائلة » .

ويحتاج صنع جهاز فريد — ومثل هذا الجهاز الفريد هو الجهاز « العامل » الحديث — إلى احتياطى كبير من الموارد المادية . وتبلغ تكاليفه عدة ملايين من الروبلات ، ولذلك فكل عمل يتم ، على سبيل المثال ، فى معجل سيربوخوف يناقش قبل كل شىء فى المجلس العلمى لمعهد فيزياء الطاقات العالية . وبعد الموافقة علية فقط يبدأ التجريبيون مباشرة فى صنع الجهاز اللازم .

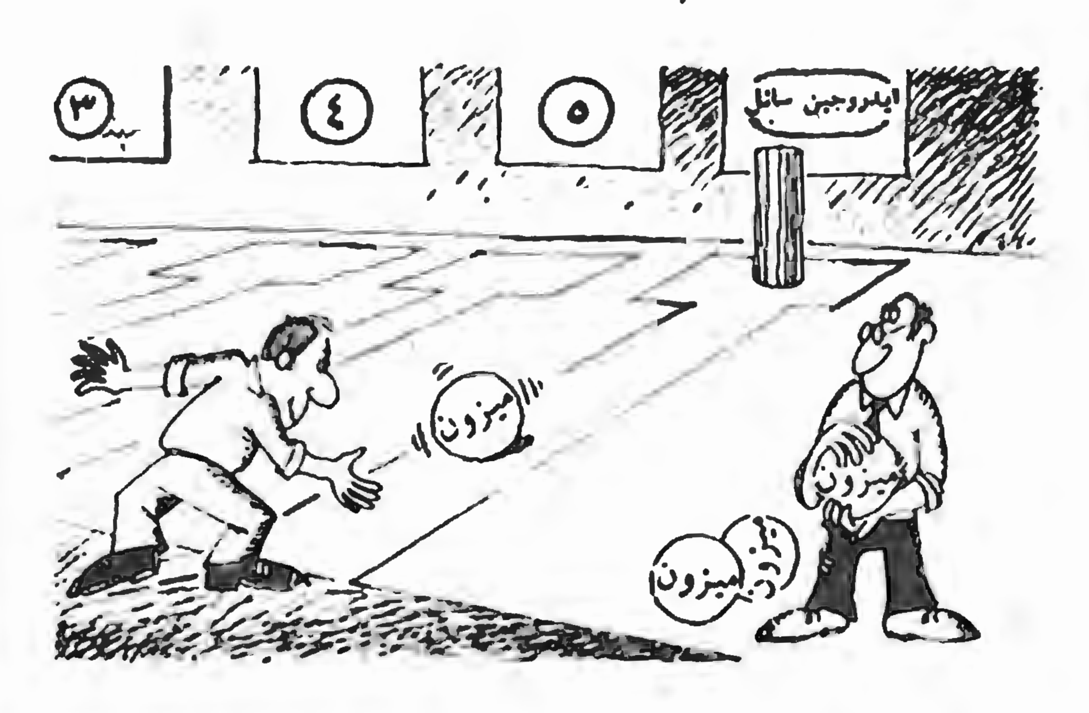
وينبغى القول بصراحة انها مسألة صعبة جدا . ويمكن أن يحلها فقط أولئك الذين يعرفون السر الاكبر لصنعتهم ، الذين يجمعون بين المعارف الكبيرة عن خواص وسلوك الجسيمات الاولية ، وبين المهارة العملية العالية .

الاستحمام فى الهيدروجين السائل

ان مراجعة نظرية بوميرانتشوك بواسطة الكا — صفر — ميزون (هدف التجربة) ليست بالاكتشاف العبقرى ولكنها كما قال رئيس

المجموعة سافن : « شيء شفاف تماما . وقبل أكثر من خمسة عشر عاما و منذ ان أصبحت طبيعة هذه الجسيمات مفهومة ، أصبح من الواضح كيف يمكن بواسطتها مراجعة أسس النظرية . ولكن التجربة المقترحة كانت معقدة جدا ، بحيث انه لم يمكن تنفيذ الفكرة الا بفضل المستوى الحديث لتطور التكنيك التجريبي » .

والجهاز اللازم لمراجعة هذه النظرية الاساسية موجود في سيربوخوف . وكان يلزم الرياضي الماهر أكثر من عشر ثوان لكي يعدو من مكان ميلاد الجسيمات المتعادلة الثقيلة في الغرفة المفرغة في المفاعل حتى نهاية المجمع التجريبي الذي يبلغ طوله ما يقرب من ١٠٠ متر . أما نحن فسنقطع هذه المسافة بهدوء وبدون عجلة ، و سنتوقف عند ماهو هام من وحدات الجهاز .



فى الخمسين مترا الاولى لا يحدث شىء للكاونات المتعادلة . فهى تمر خلال عدة مغناطيسات كهربية حارفة ، وعدسات مغناطيسية تبعد الجسيمات الغريبة ، وتغوص فى الميزاءات التى تشكلها على شكل حزمة .

والقناة الميزونية التى نسير بطولها الى الامام توصل « بحذر » أكبر كمية ممكنة من الجسيمات الى الهدف ، المتكون من هيدروجين سائل . فما الذى يحدث للكا ــ صفر ــ ميزونات طويلة العمر بعد الاستحمام فى الهيدروجين السائل ؟

بالنسبة للجسيمات ذات الطاقة الصغيرة ، كان معروفا أنها لابد وأن تتحول الى كا ــ صفر ــ ميزونات قصيرة العمر . أما الآن فأمامنا مهمة أن نعرف كيف ستتصرف تلك الكا ــ صفر ــ ميزونات الطويلة العمر ، ولكنها فى نفس الوقت تصطدم بالهدف بطاقة ضخمة . ولو كانت نظرية بوميرانتشوك صحيحة ، وكانت الجسيمات و ضديدات الجسيمات ، التى تتكون منها الكا ــ صفر ــ ميزونات ، تتأثر تبادليا عند الطاقات الكبيرة بطريقة واحدة مع بروتونات الهدف ، فان الميزونات قصيرة العمر لا بد وأن تظهر بعدد أقل بكثير .

وقدم الفيزيائيون مجموعة كبيرة من المطالب بالنسبة لحالة الهيدروجين فى الهدف . فكان لابد وأن تكون له درجة حرارة ثابتة ، وكثافة ثابتة ، ولكن الاهم من ذلك لا يجب بأى حال من الاحوال أن يغلى ! فالفقاعات التى تتخلل كل سمك الهدف ــ عد و

رهيب ، لأنها تتغير من السمك تدريجيا ، والى الآن لا يمكن أخذ هذا التغير بعين الاعتبار . ولكنه ليس من السهل تحقيق كل هذه المطالب ، حتى فى حالة ما اذا كان حجم الهدف الهيدروجينى السائل غير كبير . ولكن فى هذه التجربة ، ولزيادة احتمال تصادم الكاونات مع البروتونات كان يلزم العمل مع هدف يبلغ طوله ثلاثة أمتار!

وضعت أنبوبة طولها ثلاثة أمتار من الصلب غير القابل للصدأ ، مملوءة بالهيدروجين السائل، فى أنبوبة أخرى ذات قطر يبلغ نصف المتر تقريبا ، اخلى الفراغ بينهما من الهواء لمنع الغليان .

ولكن ظهرت عند ذلك صعوبة جديدة ، فتبعا لشروط التجربة لا يجب وضع عوائق اضافية للكا – ميزونات قبل المدخل و المخرج من الهدف . وكانت هذه العوائق على شكل جدران حلقية كثيفة . واضطر القائمون بالتجارب الى قفل نوافذ الهدف برقائق من مادة اللافسان ذات سمك ١٢٠ ميكرون ولكن الرقيقة كانت تنثنى تحت ضغط الهيدروجين السائل فى اتجاه الفراغ . ولم يكن من الممكن السماح بذلك – اذ كانت تخرج من القناة الميزونية حزمة جسيمات وصل قطرها الى عدة سنتيمترات . وهذا يعنى ان طول الهدف الهيدروجينى للجسيمات المختلفة كان غير متساو ، وأما نتائج التجربة فمختلفة فى القيمة .

جاء الحل وكالعادة بصورة مفاجئة ، وظهر أنه بسيط جدا ، فقد صنعت نوافذ الهدف من طبقتين من اللافسان . واحدث فى

الرقيقة الداخلية ثقب صغير بحيث يكون الضغط من الجانبين على هذه النافذة متساويا، وأما الهيدروجين السائل فلم يدخل فى الفراغ ما بين النوافذ . ولقد سمح التصميم الفريد للنوافذ ، ومثبت الضغط المصنوع خصيصا لهذا الهدف ، بالعمل لمدة طويلة مع بقاء كمية الهيدروجين على طريق الجسيمات ثابتا بدقة حتى ٠,٠٥ فى المائة .

برق يومض فى علبة

بعد ان نترك الهدف بمعداته المعقدة الجمدية ولوحتى التحكم فيه ، نصل الى مكان يبدو فيه وكأنه بقيت للفيزيائيين مسألة وحيدة تتطلب الحل . فهنا وعلى بعد ثلاثة أمتار من نهاية القناة الميزونية يلزم ببساطة عد كمية الميزونات المتعادلة قصيرة العمر التى تظهر من الهدف ويناظر عددها بالضبط فرق احتمالات التأثير المتبادل بين الكا — صفر — ميزونات ، وضديد الكا — صفر — ميزونات مع الهيدروجين . ويبدو حقيقة أنه لا توجد صعوبات هنا ؟

ولكن الكا — صفر — ميزونات الثقيلة قصيرة العمر تظهر للحظة فقط من الهدف ، وفى نفس اللحظة تتفتت الى جسيمات أخف هى البى — زائد — ميزونات ، والبى — ناقص — ميزونات . وهنا تتركز الصعوبة الرئيسية فى التجربة . والآن يلزم، لا تسجيل جسيمين جديدين فقط ، وانما أيضا اثبات أنهما يأتيان من الكاون



الابتدائى ــ الكا ــ صفر ــ ميزون قصير العمر . ونضطر لحل هذه المسألة بحضور مجموعة لانهائية من الجسيمات الغريبة التى تطير من المعجل والهدف .

ويمكن ايجاد كتلة الجسيم ــ الام بالزاوية ما بين البى ــ ميزونات وبطاقتها . فلو انطبقت مع كتلة الكا ــ صفر ــ ميزون ، يعنى أنه من المحتمل جدا أن تكون هذه الجسيمات المشحونة هى نفسها الجسيمات التى تفتت اليها الكاون أى بى ــ ميزونات . و للتأكد الكامل ، يقارن اتجاه حركة الجسيم المشتبه فى تماثله مع الكا ــ صفر ــ ميزون ، مع اتجاه الحزمة الميزونية الواقعة على الهدف . ويجب أن ينطبق كلا هذين الاتجاهين .

ويلزم لكل هذه القياسات أجهزة تجارب تستطيع أن « تتعرف » على الجسيمات التى تلزم الفيزيائيين فى اجزاء من المليارات من الثانية، وسط ملايين الجسيمات، وأن تسجل احداثياتها فى الفراغ بدقة تصل الى أجزاء من الميلليمترات ! و سيكون من الخير رؤية الجسيمات الطائرة أيضا . وبالطبع لا يمكن رؤية الجسيمات الاولية ، ولكن تعلم العلماء منذ زمن بعيد كيف يجعلون اثار الجسيمات ــ المسارات « مرئية » فى لوح التصوير الحساس (ولقد استخدمت الواح التصوير الحساسة بنجاح منذ بداية تطور فيزياء عالم الجسيمات الدقيقة . وتستخدم أيضا بنجاح الآن . ان وحدة أو ، كما يقول الفيزيائيون، « جردلا من الواح التصوير الحساسة » ستشترك فى تجربة اكتشاف مونوبول ديراك على المعجل) .

ولكن للأسف لا يجدى مثل هذا الجهاز فى اختبار نظرية بوميرانتشوك ، لأنه لا يمكن التحكم فى عمله . وظهر فى الاعوام الاخيرة جهاز جديد فى فيزياء الجسيمات الاولية هو الغرفة الشرارية . وما كان بالمستطاع حل كثير من المسائل الفيزيائية ، بما فيها المسائل المتصلة بالكا ــ صفر ــ ميزونات ، بدون استخدام هذا الجهاز.

وتركيب الغرفة الشرارية غير معقد . ففى علبة محكمة الاغلاق ومملوءة بغاز خامل توضع على مسافة معينة الواح معدنية أو اسلاك . وعندما يطير الجسيم المشحون ما بين الالواح يترك خلفه الالكترونات والايونات المشحونة المنزوعة من الذرات . وتكسب الفلطية العالية ،

الموصلة الى هذه الالواح ، شظايا هذه الذرات طاقة اضافية . وبالتالى تحصل على امكانية نزع الالكترونات من الذرات . وتفعل الالكترونات والايونات الجديدة نفس الشيء ونتيجة ذلك يتكون تيار جارف ـ قناة من الغاز المتأين . ويكون الطريق مفتوحا الآن للتفريغ ، ويحدث انهيار فى الفترات الغازية حيث طار الجسيم ، و تظهر شرارات لامعة تجعل طريق الجسيم مرئيا أو ضمن نطاق القياس الاوتوماتيكى .

ولقد ساهم العلماء السوفييت مساهمة كبرى فى تطوير هذه الطريقة الحديثة . فقد تسنى لهم التدخل فى عملية تطوير التفريغ . واستطاعوا عن طريق تقصير النبضة عالية الفلطية الموصلة الى الواح الغرفة ايقاف التفريغ فى المرحلة الدفقية عندما يلحق المجال الكهربائى فى تكوين بدايات التيار المشحون الجارف ـ الدفقات . ولقد اتاح ذلك امكانية قياس احداثيات آثار المسارات بدقة كبيرة عند مرور الجسيم بأى زاوية فى اتجاه الالواح .

ولقد حصلت على جائزة لينين مجموعة علماء معهد الفيزياء التابع لأكاديمية علوم جورجيا السوفييتية تحت اشراف العالم تشيكوفانى وبالاشتراك مع مجموعة من علماء المعهد الفيزيائى التابع لاكاديمية علوم الاتحاد السوفييتى ، والمعهد الفيزيائى الهندسى فى موسكو تحت اشراف دكتور العلوم الفيزيائية والرياضية ب . دولجوشين ، لقيامهم بصنع الغرفة الشرارية الدفقية فى عام ١٩٧٠ .

وعلى الرغم من كل فضائل الغرفة الشرارية الا أن الشرارات بها كانت تحدد طريق لا بى – ميزوناتنا فقط ، وانما أى جسيمات أخرى مشحونة . ولكن ، كيف يمكن اجبار الغرفة الشرارية على ان لا تتأثر بالجسيمات الغريبة ؟

لقد تركزت الامكانية الوحيدة فى أن تشغل الغرفة بالذات لتلك الجسيمات التى « تنبع » من الكا – صفر – ميزونات المتعادلة . وصنع جهاز يبلغ طوله حوالى اربعين مترا ومجهز بمعدات معقدة للتأكد من نظرية بوميرانتشوك ، ولقد لزمت هذه المعدات لتحويل هذه الامكانية الى حقيقة . وتصور التجريبيون جيدا هندسة مسارات البى – ميزونات ابتداء من تفتت الكا – صفر – ميزون قصير العمر حتى نهاية الجهاز الضخم كله .

ووجب انشاء تسع غرف شرارية قبل المغناطيس ، ومثلها بعده ، لكى تسجل بدقة احداثيات الجسيمات فى الفراغ . وبالتحدث بلغة الارقام فانه بامكان هذا النظام اكتشاف التغير فى الاحداثيات الذى يساوى ميلليمترا واحدا على بعد خمسة أمتار !

ولكن ان لم نتحكم فى عمل الغرف الشرارية فستكون دائما مملوءة بمسارات جسيمات غريبة ، ولن يكون من الممكن ايجاد الجسيمات التى تهمنا وسطها . ومن جهة أخرى ، لا يمكن التنبؤ مسبقا ، باى جسيم من الجسيمات الواقعة فى الجهاز يلزم تسجيله ،

وأيها لايلزم تسجيله . اذ يلزم ، ولو أى احتياطى زمنى للتعرف على كل هذه الجسيمات .

وهنا تهب لمساعدتنا أهم خاصية للغرفة الشرارية . وهى انه لو طار جسيم مشحون خلالها ، فانه يتكون بين الواحها المعدنية طريق من الايونات والالكترونات . ولكن يظل هذا الطريق غير مرئى الى أن توصل الفلطية العالية . وفى خلال جزء مليونى من الثانية لطيران الجسيم لا يلحق وضع الشظايا الذرية من التغير فى الفراغ . ولذلك فالغرفة المشغلة ، حتى بمثل هذا التعويق ، تظل قادرة على جعل طريق الجسيم مرئيا .

وهكذا توفرت ميكروثانية كاملة لدى الفيزيائيين ، ووجب عليهم فى خلال هذا الزمن ، ليس فقط التعرف على « جسيمهم » المطلوب وانما أيضا اعطاء أمر لتشغيل الغرفة الشرارية .

من المونولوج الى الديالوج

ما اكثر ما تغيرت ظروف عمل العلماء التجريبيين عن تلك التى كانت موجودة منذ ثلاثين سنة مضت ! فقد كان فى ذلك الوقت ما بين الباحث و الجهاز حديث هادئ متكون من مونولوجات طويلة . ولعل القارئ يتذكر كيف كان رذرفورد يملأ الغرفة على التوالى بالهواء ، والآزوت ، والهيدروجين ، وكان يعد بهدوء عدد الومضات الناتجة بتأثير نوى الهيدروجين الخارجة من الغرفة .

كان تشيدوك يقيس أولا عدد البروتونات المنتزعة من البرافين بواسطة النيوترونات ثم يزيح البرافين ، وكان يتأكد بهدوء من أنه لا توجد بروتونات آنئذ .

ان مثل هذه الوتائر في « الحديث » تعتبر شيئا عديم المعنى في الفيزياء التجريبية الحديثة للطاقات العالية . اذ يلزم الآن اجراء ديالوج سريع وبقدر الامكان بدون فترات صمت .

ويوجد في مخزن أسلحة التجريبيين منذ زمن بعيد جهاز هو عداد الومضان . وعند وقوع الجسيمات المشحونة فيه تثير وميضا ضوئيا تحوله اللمبة الحساسة للمضاعف الضوئي في نفس اللحظة الى نبضة كهربية . وبواسطة هذا العداد يمكن التمييز عن طريق سعة النبضة ما بين البروتونات والالكترونات والميزونات عندما تكون طاقاتها غير كبيرة . صحيح أنه تكون كل النبضات متساوية لدى الجسيمات النسبية المتحركة بسرعة الضوء تقريبا وعن طريقها لا يمكن تحديد « نوع » الجسيم . الا أن العلماء التجريبيين الذين يعملون في فيزياء الطاقات العالية رأوا في هذا الجهاز خاصية قيمة : فالاشارة من كل جسيم طائر تصل الى عداد الومضان بسرعة كبيرة ، خلال ١٠^{-٩} من الثانية وهو المطلوب .

وهكذا وضع على طول الجهاز ٥٠ عداد ومضان . وقد تم وضعها قبل الغرف الشرارية ، وقبل المغناطيس وبعده . ووضعت العدادات بحيث أن الجسيمات التي يجب تسجيلها لابد وأن تطير من خلالها .



والآن وتبعا لنظام وصول النبضات الذى يقابل هندسة طيران الجسيم خلال الجهاز يمكن ايجاد البى – ميزونات المتكونة من تفتت الكاونات المتعادلة ، واعطاء امر للغرف الشرارية لتعمل على التسجيل .

ومن السهل القول بالعثور على البى – ميزونات . فلا يستطيع حتى أكثر الناس تسرعا أن يفعل ذلك فى جزء من الثانية . ولذلك فبدلا منه تعمل دوائر « منطق » الكترونية خاصة . وتستطيع هذه الدوائر خلال جزء من المليار من الثانية تحليل نبضات كل عدادات الومضان . واذا ما كان جسيمان قد « احتكا » فى آن واحد بكل العدادات بالترتيب المحدد فان الدائرة الالكترونية « تعدها » من الجسيمات المبحوث عنها و « تسمح » ببدء تشغيل الغرف . وعندئذ يظهر فى تلك الاماكن من كل غرفة ، حيث طار الجسيم ، تفريغ شرارى .

ويبدأ وصول المعلومات عن احداثيات (x, y) مسار الجسيم فى تلك النقطة من الفراغ على شكل نبضات كهربية من الاسلاك العديدة من الـ ١٨ غرفة .

وها نحن قد مررنا بكل الامتار التى امتدت عليها القناة الميزونية ، ونفس الجهاز التجريبى لتسجيل الكا ـ صفر ـ ميزونات قصيرة العمر ، و التى ظهرت فى الهدف المتكون من الايدروجين السائل .

ولكن ما رأيناه لا يضم كل قائمة الاجزاء الهامة للجهاز . ففى جانب بعيد عنها ، فى « البيت التجريبى » ، حيث يمكن للباحثين التواجد اثناء عمل المعجل . توجد عدة مئات من وحدات المعدات الالكترونية التى تحتوى على عشرات الآلاف من الترانزستورات ، تصل اليها النبضات من الجهاز . وفى مكان آخر يوجد الجهاز الذى يستقبل كل المعلومات . وتتم هنا مراقبة عمل كل الاجهزة و كل جهاز منها على حدة فى وقت واحد . وبدون هذه المراقبة يتحول الجهاز الذى يضم أحدث ما توصل اليه العلم التجريبى و التكنيك الى مجرد معرض للأجهزة الحديثة . وبالطبع فهذه هى الماكينة الحاسبة الالكترونية (الحاسب الالكترونى) .

قال سافن : « فى السابق ، قبل وضع طريقة اجراء التجارب مع استخدام الحاسبات الالكترونية لم تكن هناك فائدة من القيام بمثل هذه التجارب » . فحجم معلومات التجربة ضخم بحيث أن الماكينة الحاسبة تجهد « ذاكرتها » ، وتعمل بأقصى سرعة ، و لا تكاد

تلحق فى استقبال وتسجيل المعلومات عن مسارات الجسيمات اللازمة على شريط مغناطيسى .

وانتهت دورة العمل على المعجل . ويعود الفيزيائيون بحمل ثمين جدا من نتائج التجارب المكودة فى الشرائط المغناطيسية . وتبدأ مرحلة جديدة للعمل عندما لا يحتاج العلماء الى معجل وانما الى حاسب الكترونى آخر لمعالجة المعلومات « الشبه جاهزة » .

هناك فى مركز الحساب الرئيسى فى دوبنا ، حاسب سريع وضخم . ويستطيع اعتمادا على برنامج رياضى خاص « لاعادة البناء » اعادة تكوين كل صورة تفتت الكا - صفر - ميزونات المتعادلة قصيرة العمر من أجزاء المسارات . ويوجد الحاسب الالكترونى بنفسه نقطة التفتت و الزاوية بين البى - ميزونات ، وطاقة هذه الجسيمات عن طريق الانحراف فى المجال المغناطيسى .

وعندما تستعاد الاحداث المرتبطة بالكاونات الناتجة فى الهدف الايدروجينى السائل ، تجرى استعادة مميزاتها كذلك فى شكل مناسب مسجل على شرائط مغناطيسية جديدة ، وتذهب هذه الشرائط للمعاملات التالية .

وعلى الرغم من أن دوائر المنطق قامت بواجبها خير قيام ، الا أنه قد يتضح كون بعض الاحداث المسجلة عفوية ، الاحداث الشبيهة ظاهريا فقط بذلك التفاعل النووى ، الذى صنع من أجل البحث عنه ، هذا الجهاز التجريبى المعقد ، ولذلك فان الكلمة الاخيرة فى ذلك تكون للفيزيائيين مرة أخرى .

لقد طبعت نسخ ثانية من شرائط النتائج التى حصلت عليها مجموعة الفيزيائيين مختلفى الجنسية ، تحت اشراف العالم سافن ، وعولجت نهائيا فى دوبنا وبراغ وبودابست .

تطلب اختبار نظرية بوميرانتشوك عدة سنوات من العمل المضنى لمجموعة كبيرة من العلماء قاموا بتجارب على البروتونات والنيوترونات ونوى النظير المشع للايدروجين — الديوتريوم . وتأكدت أهم نظريات الفيزياء الحديثة : كلما كانت طاقة الجسيمات أكبر كان الاختلاف بين سلوك هذه الجسيمات وضديداتها أقل .

الهدف تيار من الايدروجين

يعتقد العلماء التجريبيون : « يقال أن الافكار تكلف غاليا . ان هذا صحيح ، ولكن فى حياتنا العملية كثيرا ما تمثل « دراما الافكار » ، لا فى المجال الرفيع للروح بل فى مستوى تحقيقها » .

اذا ما تطلب القيام بالتجارب على الكاونات استخدام هدف فريد من حيث حجمه وجودته ، يحتوى على كمية كبيرة من الايدروجين ، الا أن للتجارب الخاصة بتشتت البروتونات على البروتونات والتى اجريت فى سيربوخوف تحت اشراف نيكيتين كانت تحتاج الى هدف دقيق للغاية تقدر كثافته بجزء من مليون من الجرام للسنتيمتر المكعب .

ان وجود اى غشاء قد يوضع به مثل هذا الهدف من الايدروجين الغازى كان سيؤدى الى افساد كل النتائج . ولكن أساس التجربة يتركز بالذات فى رؤية كيف تتصرف البروتونات السريعة عند تصادمها مع الهدف المتكون من الهيدروجين النقى . وفى معمل الطاقات العالية بالمعهد الموحد للدراسات النووية جرى لأول مرة فى العالم ، تكوين هدف من تيار الأيدروجينى يعمل داخل غرفة المعجل .

والآن من الصعب حتى على نفس صانعى هذا الجهاز الفريد ، القول من كان أكثر فى البداية ، مؤيدو هذه الفكرة ام خصومها . وكان يشك فى امكانية تحقيقها حتى العلماء الكبار . ولم يكن هذا بلا أساس .

فقد حصلت البروتونات فى معجل سيربوخوف على طاقة مقدارها ٧٠ مليار الكترون — فولت . وكانت تتحرك فى حلقة مقفلة للغرفة المفرغة التى افرغت بعناية حتى ضغط ١٠$^{-٧}$ ملليمتر زئبق . وكان يكفى أن يختل التفريغ ولو بمقدار طفيف حتى ينخفض بشدة عدد البروتونات المعجلة : فباصطدامها بجسيمات الهواء كانت تقع على جدران الغرفة ، وتخرج من عملية التعجيل . وكانت حركتها تشبه الحركات المضطربة لكرة الهوكى التى تتعرض لضربات مضرب لاعب الهوكى المبتدىء .

وفى هذه الظروف القاسية للفراغ ، كان يلزم دوريا رش كمية

من الايدروجين فى الغرفة تكفى لزيادة الضغط فى كل حجم المعجل . اما الخلل الشديد للفراغ فى غرفة المعجل أثناء التجربة ، فقد كان كفيلا بان يؤدى الى حدوث انهيارات كهربية فى اجهزة الترددات العالية ، ويصبح المعجل الفريد غير صالح للاستعمال لمدة طويلة .

ان المهمة التى وضعها المصممون نصب أعينهم كانت تشبه المهمة التى واجهت بطل الحكاية الشرقية ، عندما فتح بدون حرص القارورة الحاوية على الجنى السجين . ولكن لكى لا نقع فى وضع مماثل لما فى الحكاية ، قرر المصممون ادخال الجنى — تيار الايدروجين الغازى — الى داخل الغرفة المفرغة مع اعداد « قارورة » اخرى فى الناحية المضادة عبارة عن مضخة تفريغ .



كرر المشتغلون فى قسم ابحاث التجمد بمعمل الطاقات العالية التابع للمعهد الموحد للدراسات النووية ، مرة بعد أخرى ، القيام بالتجارب على نماذج قبل أن يكف التفريغ العالى و تيار الغاز الكثيف عن أن يناقض كل منهما الآخر ، وبدأ يتضح تصميم الجهاز المقبل .

وتقاطع تيار الايدروجين الغازى المتدفق من جهاز خاص ، بسرعة أعلى من سرعة الصوت ، مع حزمة البروتونات السريعة داخل غرفة المعجل — وفى هذه اللحظة لعبت دور الهدف ثم وقعت فى « عنق » مضخة التكثيف الهليومية الشبيهة فعلا بقارورة عريضة . وفى أجزاء من الثانية روض الجن المطلق فى الغرفة محيلا الغاز المستعد للانتشار فى كل الجهات الى ندى هيدروجينى مثلج غير متحرك و غير خطر تماما .

وفى مارس ١٩٦٨ حان اليوم الذى بدأ فيه العاملون فى قسم النقل بالمعهد الموحد للدراسات النووية نقل الجهاز الجاهز الى سيربوخوف . ولقد كانت من الاجهزة الاولى التى ظهرت فى الصالة الضخمة للمعجل التى كانت لا تزال خالية . وبدأ عمل مجهد دام شهورا عديدة لتحضير الجهاز للعمل على الماكينة الجديدة . وأخيرا جاءت أيام القياسات المستمرة ليلا و نهارا للتجارب الجارية .

وبينما انشغل الفيزيائيون بمعالجة النتائج التى حصل عليها ، استمر مهندسو التصميم فى تحسين طريقة الاهداف التيارية . كان

يلزم الوصول الى تيار ذى عرض أقل ، وذلك لتلافى الخطا فى تحديد زوايا تطاير الجسيمات الثانوية عند التأثير المتبادل للبروتونات المعجلة مع الهدف . وبالاضافة الى ذلك ، اتضح أن الهدف التيارى غير كثيف بما فيه الكفاية لبعض التجارب . مما أدى الى زيادة زمن العمل على المعجل .

وتم ايجاد المخرج . اذ زيدت كثافة التيار بالانتقال من تيار الغاز الاعلى من سرعة الصوت الى تدفق قطرات ابطأ للايدروجين السائل وجسيماته الصلبة . وكان عرض الهدف الجديد المتكون من الايدروجين المتكثف أقل بأربع مرات . وزادت الكثافة عشر مرات ، ونقصت كمية الغاز المدخل الى المعجل بمقدار ٢ — ٣ مرات .

وسافرت مجموعة العالم نيكيتين مع بعض العاملين فى قسم ابحاث التجمد ، الذين اشتركوا فى تكوين الهدف التيارى ، الى أمريكا فى ربيع عام ١٩٧٢ . فقد كان لا بد وأن يقوموا بالتجارب بمساعدة الجهاز الفريد الجديد على اقوى معجل فى العالم . وهو المعجل الذى بنى فى باتافيا وتبلغ طاقته ٤٠٠ جيجا الكترون — فولت .

ونشرت نتائج أولى القياسات التى حصل عليها من هذا الجهاز فى صيف عام ١٩٧٢ فى مؤتمر فيزيا" الطاقات العالية فى باتافيا .

صالة تجارب المعجل الحديث . يبلغ طول الجهاز مائة متر ويعمل أوتوماتيكيا تماما وينبعث منه طنين منتظم للمغناطيسات الكهربية . ألا يشبه ذلك المصنع ذا خطوط التجميع الاوتوماتيكية ؟ والاختلاف الوحيد بينهما ، أنه يمكن الاقتراب من خط التجميع فى أى لحظة وتعديل الضبط ، لو اصيب باى خلل . أما بالنسبة للفيزيائيين فتتصل هذه المشكلة بايقاف عمل المعجل . وبالاضافة الى ذلك فانهم لا يرون بأعينهم « الأجزاء » التى يصنعها الجهاز .

وعادة يقوم عدة افراد بتشغيل خط التجميع . ومثل هذه الصورة بالضبط توجد هنا . فعلى سبيل المثال ، فى التجربة الخاصة باختبار نظرية بوميرانتشوك يشرف أربعة أشخاص على عمل ٥٠ عداد ومضان و ١٨ غرفة شرارية و مغناطيس كبير لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم . ويوجد شخصان عند الدوائر الالكترونية التى تستقبل وترسل المعلومات التجريبية الى الحاسب الالكترونى . وهناك اثنان آخران يقفان عند الحاسبة الالكترونية مباشرة ، حيث يمكن تتبع ادخال المعلومات الى الماكينة ، و مراجعة عمل العدادات المختلفة ، وعمل كل الجهاز .

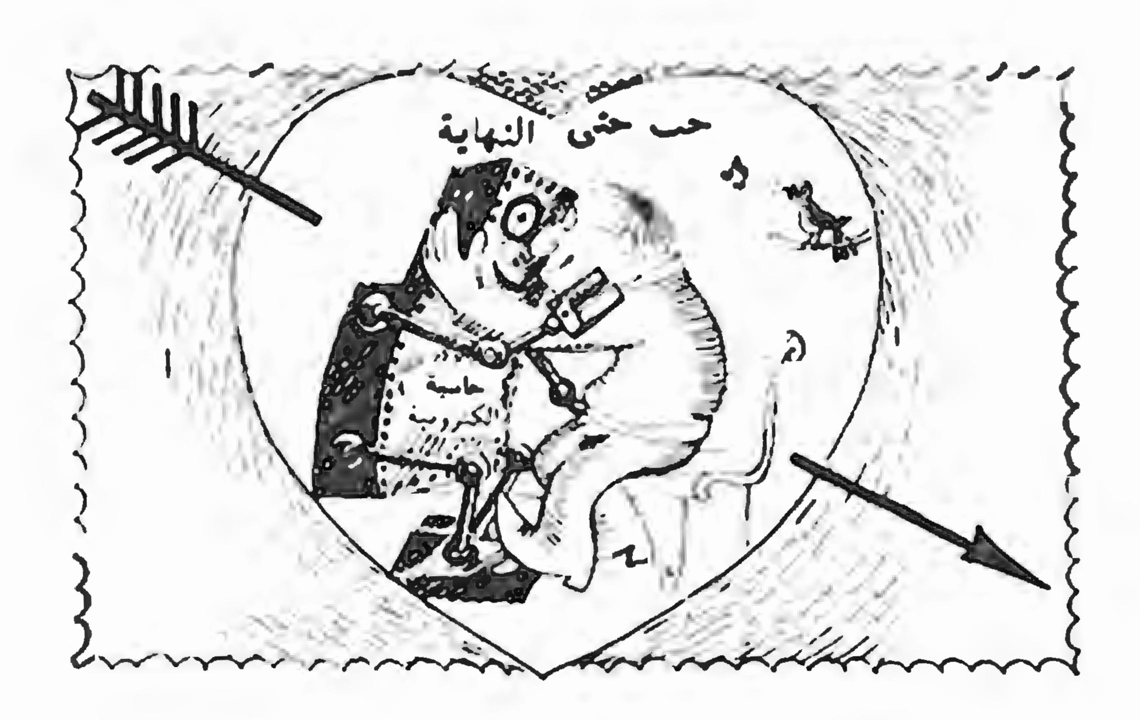
ان الحاسبة الالكترونية هى قلب الاجهزة التجريبية الحديثة . ويستخدم الفيزيائيون منذ زمن بعيد الحاسبات ، و لكنها كانت

تستخدم قبل ذلك فقط فى مرحلة معاملة النتائج ، اما الآن . وفى المعجلات الضخمة ، فقد سلمت لهم مهمة «قيادة» التجربة بانفسهم .

ومن الطريف اعتراف نيكيتين المشرف على التجارب الهامة ، والممتعة جدا ، التى نفذت فى سيربوخوف ، بأنه «لا يمكن تخيل الفيزياء التجريبية الآن دون الحاسبات الالكترونية . ومن المدهش كيف تتغير نفسية الانسان بسرعة . فمنذ عشر سنوات فقط مضت كان كثيرون منا قلما يلقون نظرة على الحاسبة «العجوز» M-20 عند اشتراكهم فى احدى الرحلات . وكانت الابتسامة الهازئة تظهر على الشفاة ، عند رؤية اعداد كود الماكينة الثمانى ... أما الآن فلا نستطيع أن نعيش بدون هذا كله ، انه غرام حتى الموت ! »

وقبل مدة قصيرة أنهت مجموعة نيكيتين فى سيربوخوف تجربة استغرقت ٧٠٠ ساعة . وكانت الماكينة الحاسبة تصنف وتسجل المعلومات بدون توقف . ولولا مساعدة الماكينة لاحتاج العلماء الى مجموعة من الكراسات يبلغ ارتفاعها كيلومترا لتسجيل نتائج التجربة فقط !

يقول ف . نيكيتين : « ان العمل على الحاسبة الالكترونية الحديثة الكبيرة متعة . ويتجلى ذلك على الاخص عندما لا يأكل جهاز القراءة البطاقات ، ولا يعود الشريط الممغنط الى الوراء ، ولا يزيل المسجل مكتبته الخاصة ، ولا تطرد المسألة الموازية برنامجك نظرا لضيق المكان على الاسطوانة المغناطيسية . وتخبرك العاملات وعلى ثغرهن



ترتسم ابتسامة انه على الرغم من أن وقتك قد انقضى ، الا أنهن مستعدات لاضافة ٣٠ ثانية أخرى (وطبيعى أن ذلك يكون على حساب وقت الغد) » .

ومنذ وقت قريب قال الفيزيائى التجريبى آلفاريتس فى خطبة القاها بمناسبة منحه جائزة نوبل أنه « انقضى ذلك الزمن ، عندما كان يمكن قراءة ما يلى فى نهاية المقالات التى كتبها أحد الفيزيائيين : « اننى أريد أن اشكر فلانا لتصميمه الجهاز والحصول على اكبر جزء من النتائج » .

اما الآن فان الباحثين العلميين ، والمهندسين وواضعى البرامج ، وأمناء المعامل المؤهلين من ذوى التعليم العالى ، يشتركون بنفس القدر فى العمل الذى قاموا به معا . فالمقالة عن مراجعة نظرية بوميرانتشوك

على هدف من الهيدروجين وقعها ٢٨ مؤلفا . ومنهم عدة فيزيائيين ومهندسين الكترونيين ومتخصصين فى الغرف الشرارية ، وعاملين فى مركز الحساب التابع للمعهد الموحد للدراسات النووية .

وبالطبع ، فان هذا لا يعنى بتاتا أنه لا تعمل فى فيزياء الجسيمات الاولية مجموعات صغيرة من العلماء ايضا . وفى هذه المجموعات ونظرا للأفكار المتولدة بفضل المشرفين عليها . يمكن احيانا الحصول على نتائج باهرة وبواسطة معدات متواضعة . ويخص ذلك بالذات الفيزيائيين الذين يعملون على معجلات ذات طاقة تبلغ حتى ١ جيجا الكترون ـ فولت أى ١ مليار الكترون ـ فولت . ولكن فى المعجلات التى تتراوح طاقتها ما بين عدة عشرات جيجا الكترون ـ فولت و اكثر يضطر التجريبيون الى العمل فى مجموعات كبيرة . ففى مثل هذه المجموعة التى تعمل باستخدام التكنيك الصناعى الحديث ، والحاسبات ، يوجد تقسيم فى العمل ظاهر جدا .

يقول الأكاديمى كادومتسيف « نظرا لأن الابحاث تصبح جماعية فكثيرا ما يحدث أن يكون نصيب أحد العاملين العلميين حل مسائل صغيرة . وهذا هو العيب المحدد للعلم الحديث : فتظهر مجموعة كبيرة من الناس مضطرة لحل مثل هذه المسائل » .

ولا ريب انه قد تغير طابع عمل كل عضو من الجماعة العلمية الكبيرة . ولكن أصبح فى مقدور المجموعات الكبيرة أن تحل المسائل العلمية التى لم يكن بمقدور العلماء الذين مارسوا فى

ذلك العصر العمل « المهنى البدائى » فى العلم حتى أن يحلموا بها .

ويقوم العاملون فى المجموعات الكبيرة ، كقاعدة ، بالعمل على الاجهزة المعقدة عن طيب خاطر . ولا تلزم اثارة حماسهم . ويقابل صعوبات كبيرة المتخرج الجديد ، المعين فى مؤسسة علمية . فهو قد تربى على الامثلة الكلاسيكية فى تاريخ الفيزيا" ، وحتى لا يخمن بوجود العلم « الكبير » الحديث ، الذى تقوم فيه مجموعات كثيرة بعمل معقد ينتظر نتيجته بعد عدة سنوات . وهو يريد أن يفعل شيئا ما . يؤدى به بسرعة الى اكتشاف . وعندما يرى أخيرا أن هذا مجرد مستحيل تتملكه خيبة الأمل .

لماذا يحدث ذلك ؟

يقول الاكاديمى كادومتسيف — « ان العلم الآن معقد جدا ولا يتسنى الا للقليلين الوصول الى نجاح فذ . ومن الواضح أنه لو وضع الطالب الذى ينهى الجامعة هذا الهدف أمامه مقدما لكان الاخفاق نصيبه . فهو يستطيع فى نهاية المطاف الرجوع الى الغلوا" الشبابية » ولكن على أساس آخر — بأن ينمى مواهبه بما فيه الكفاية و يقتنع اعتمادا على قواه بالاهداف الماثلة أمامه » .

نعم . لقد تغير طابع العلم بشدة خلال الثلاثين أو الاربعين سنة الماضية . الا أن « الابحاث العلمية حافظت على روح البحث الخلاق الدائب ، القديمة الطراز » .

البحث الخلاق ... انه هو الذى اقض مضجع رذرفورد ابى الفيزيا، الذرية الذى لم يعد شابا البتة . فلقد تمكن حتى عام ١٩٢٤ من تحطيم كل النوى الخفيفة التى كان لجسيمات ألفا المشعة من الراديوم القدرة على التغلغل اليها . وماذا بعد ذلك ؟

كتب العالم المعروف آستون فى تلك السنين : « لقد أتت الآن مرحلة لابد منها ، مرحلة السكون فى انتظار اكتشاف أدوات جديدة للبحث » . وبالطبع تأثر بحدة من هذا التوقف مكتشف النواة الذرية نفسة . اذ لم يكن متوفرا لديه الشيء الذى يستطيع به « فلاحة » الارض البكر الذرية » الموجودة أمامه . لو كانت لديه الجسيمات ذات الطاقات الكبيرة ، اذن ...

طلب رذرفورد من أمين معمله كاى أن يستوضح : هل من الممكن تجميع مجموعة من البطاريات أو دينامو السيارات للحصول على مجالات كهربية كبيرة؟

وعندما عرض كاى على رذرفورد تكاليف صنع مثل هذه المجموعة — وهى ضئيلة جدا بالنسبة للمقاييس الحديثة — القى رذرفورد بالمشروع جانبا « كما يلقى بالحجر الساخن » .

ونحن الذين نعيش فى عصر انشاء المعجلات العظيمة ، مثل معجل سيربوخوف أو معجل باتافيا نجد صعوبة فى تصور أنه

فى زمن رذرفورد بدت كمشكلة لا يمكن تخطيها مشكلة الحصول على منابع ذات فلطية عالية وثابتة .

ولقد حاولت مجموعة من الفيزيائيين الايطاليين استعمال التفريغات الرعدية فى الجبال لتسريع الجسيمات . الا أن عمل التجارب باستخدام مثل منابع الفلطية غير الثابتة هذه كان على أقل تقدير أمرا غير مريح . وها هو ذا عام ١٩٣٢ قد جاء عندما استطاع بعض العاملين مع رذرفورد — « أولاده » — و هما كوكروفت ووالتون الحصول على حزمة من البروتونات مسرعة فى انبوبة تفريغ حتى طاقة تبلغ مليون الكترون — فولت . وقد كان ذلك فى هذا الوقت انتصارا عظيما . اذ امكن لأول مرة فى تاريخ الفيزياء ملاحظة التفاعلات النووية المحدثة بواسطة جسيمات مسرعة اصطناعيا . ويمكن تفهم



ابتهاج بور الذى وصف هذا الجهاز البسيط فى خطابه الى رذرفورد بانه « وسيلة قوية » للعلم .

هكذا بدأ عصر المعجلات فى فيزيا' الجسيمات الاولية .

وكانت الخطوة التالية الهامة ، هى قيام لورنس بانشا' المعجل الحلقى – السيكلوترون ، وقد ورثت المعجلات الحديثة الضخمة شكل هذا المعجل . و لكن مبدأ عمل السيكلوترون لم يكن يسمح بالحصول على جسيم ذى طاقة أعلى من عدة عشرات الملايين الكترون – فولت. ولذلك يمكن اعتبار أن تاريخ المعجلات التى لعبت دورا عظيما فى التعرف على عالم الجسيمات الدقيقة يبدأ فى عام ١٩٤٤ . ففى هذا العام أعلن العالم السوفييتى فيكسلر اكتشاف مبدأ الاستقرار الذاتى للطور ، وبهذا مهد الطريق الى الطاقات العالية .

و اصبحت الآن المعجلات ، ذات طاقة تبلغ عدة مليارات الكترون – فولت وأكثر ، تلعب دور « العصا السحرية » التى يمكن بواسطتها فى أى لحظة عمل « عرض خلاب وساحر » من مجموعة الجسيمات الاولية .

فلنتذكر كيف يحدث هذا كله . تصطدم البروتونات المسرعة الى طاقة عظيمة بالهدف الموضوع اما داخل غرفة مفرغة ، أو على مخرج الحزمة البروتونية من المعجل ، وتتطاير النيوترونات والبروتونات والميزونات والرنينات فى جميع الاتجاهات ...

ولكن ، للأسف ، لا تصرف كل طاقة الجسيمات المتصادمة على توليد جسيمات جديدة ، فكتله البروتونات المعجلة السريعة أكبر بكثير من كتلة البروتونات الموجودة فى الهدف غير المتحرك . وعند اصطدامها مع بعضها البعض يذهب جزء كبير من طاقة البروتون « القذيفة » على تحريك الجسيمين . وتبقى طاقة ضئيلة جدا لتوليد الجسيمات الجديدة . وفقط عند السرعة المتقابلة المتساوية يستطيعان تحويل كل طاقتها الى طاقة تأثير متبادل . ولكن لا يمكن تحريك الهدف بسرعة قريبة من سرعة الضوء لتقابل البروتونات المسرعة .

ولم لا يمكن ؟ أخذ العلماء فى التفكير فى ذلك . وهذه المسألة جديرة بذلك : لو أن سرعة الجسيمات المتقابلة كانت قريبة من سرعة الضوء ، فان التأثير المتبادل بينهما سيكبر لا بمقدار ٤ مرات ، كما تقول ميكانيكا نيوتن ، و لكن بـ ٤ آلاف مرة على سبيل المثال . وعند تصادم الكترونين ذوى طاقة تبلغ مليار الكترون ـ فولت ، يكون تأثيرهما المتبادل معادلا لطاقة معجل ذى ٤٠٠٠ مليار الكترون ـ فولت .

كيف يمكن تصور ذلك ؟ قد يكون ذلك معجلا بدون هدف عادى ؟ وقد يكون هذا معجلا ذا هدف « مسرع » حتى سرعة الضوء ؟ ولكن عندئذ سيتحول الى نفس حزمة البروتونات المسرعة . هكذا نبعت فكرة المعجل على الحزم المتقابلة .

ولكن لا تظن أنه يتكون من معجلين يقفان كل فى مواجهة الآخر ، مع حزم متقاطعة على شكل صليب كالسيوف . فهذا فى الواقع معجل واحد يستطيع أن « يملأ بالنفخ » حلقتين من البروتونات مثل اطارى الدراجة ، و يطيران فى اتجاهين متقابلين .

ويتألف جهاز الحزم المتقابلة الذى بدأ تشغيله منذ زمن قليل فى المركز الاوروبى للابحاث النووية من حلقتين متشابكتين قطر كل منهما ٣٠٠ متر . و تفاعلت البروتونات المحقونة فى الحلقات ، من معجل عادى تبلغ طاقته ٢٣ مليار الكترون — فولت ، مع بعضها كجسيمات ذات طاقة تزيد بـ ٥٠ مرة و هى الف ومائة مليار الكترون — فولت !

ولاحظ العلماء لأول مرة تشتت البروتونات على بروتون عند طاقة لا يمكن الوصول اليها على أى معجل كلاسيكى . وعمل النظام المعقد للمغناطيسات ، التى تزن ٥٠٠٠ طن على ابقاء الجسيمات فى الطريق المغناطيسى فى الغرفة الذى يبلغ طوله ١٠٠٠ متر وقطره عشرة سنتيمترات . بقى أن نضيف أنه قام بصنع كل هذا الجهاز خلال ٥ سنوات فريق من الفيزيائيين مؤلف من ٣٠٠ عالم .

ولكن كانت المعجلات الجديدة تتصف بعيب خطير . وهو نقطة ضعفها . ان « عقب أخيل » لمثل هذه المعجلات ذات الحزم المتقابلة هو ان الهدف المتحرك أى الحزمة الثانية ذو كثافة صغيرة :



فهذه الكثافة اقل بمئات ملايين المليارات من المرات من كثافة الهدف العادى غير المتحرك . لهذا السبب ، بدأ صنع هذه المعجلات منذ وقت قريب فقط ، على الرغم من أن فكرة انشائها معروفة منذ زمن بعيد .

يقول الاكاديمى بودكر « أن نجعل جسيمين يصطدمان — هى مسألة بتعقيدها تضارع مسألة « تنظيم » لقاء سهمين ، اطلق اولهما روبن هود من الارض أما السهم الثانى فاطلقه وليم تل من كوكب يدور حول سيريوس » .

ووجب على الفيزيائيين أن يعملوا على ان تتقاطع مسارات الجسيمات باكبر عدد من المرات . ان هندسة حلقات الجهاز

الموجود فى المركز الاوروبى للابحاث النووية تكفل ان تتقابل البروتونات فى ثمانية أجزاء خاصة .

وتجرى باشراف الاكاديمى بودكر فى معهد الفيزياء النووية فى مدينة نوفوسيبيرسك . التجارب على حزم البروتون ــ ضديد البروتون . ويبنى جهاز ستتقابل فيه البروتونات وضديداتها بطاقة ٢٥ جيجا الكترون ــ فولت . وهو ما يعادل المعجل العادى ذى ١٢٠٠ جيجا الكترون ــ فولت . وستتقاطع مسارات جسيمات المادة وضديدها ويوجد أمل فى أنه لو كانت الكواركات موجودة وكانت كتلتها لا تزيد بـ ٢٥ مرة عن كتلة البروتون فسيمكن اكتشافها .

ويرى الاكاديمى بودكر ان « الطاقات فوق العالية هى مجال الحزم المتقابلة فقط » . ولذلك فان علماء نوفوسيبيرسك يناقشون الآن مشروع جهاز جديد ذى حزم متقابلة من البروتونات و ضديداتها يناظر معجلا بطاقة تبلغ مليونى مليار الكترون ــ فولت . ولو تصورنا وجود معجل كلاسيكى بمثل هذه الطاقة فان قطره يساوى قطر الكرة الارضية ، أما ثمنه فسيقارب الدخل القومى لكل الكوكب .

وعلى الرغم من ذلك فالمعجلات التى تستعمل الحزم المتقابلة هى أجهزة معقدة وضخمة علاوة على كونها مرتبطة بالطريقة العادية الكلاسيكية للتعجيل .

وفى عام ١٩٥٦ اقترح الاكاديمى فيكسلر طريقة حديثة لتعجيل الجسيمات الاولية . فلقد كانت كل الماكينات تحسب حتى

الآن على تعجيل كل جسيم بمفرده . رغم أننا نتحدث عن حزمة البروتونات ، ونناقش كثافتها ، ولكن كل هذه البروتونات المنطلقة جنبا الى جنب في الغرفة المفرغة على الطريق المغناطيسى تكون مستقلة الواحدة عن الاخرى فى واقع الامر .

ولقد كان فيكسلر أول من ادرك أنه لا يلزم تسريع الجسيمات كل واحد على حدة وأن « فى الاتحاد قوة » . وأعلن عن فكرة كانت تبدو خيالية تماما . ولم يفهمها فى البداية حتى المتخصصين فى مجال المعجلات مثل لورانس وماكميلان .

وفى الحقيقة ، من الصعب تخيل أنه يمكن ، مثلا ، تعجيل البروتونات بواسطة مجال كهربائى ناتج ليس عن منابع خارجية ، وانما من تكثف الالكترونات . فالالكترونات ذات طاقة تبلغ



ميجا الكترون – فولت واحدا فقط ، تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء . ولو أن هذا التكثف الكبير لمثل هذه الالكترونات استحوذ على البروتونات وأثارها وراءه ، فانه بعد فترة من الزمن ستتساوى سرعتاهما . ولكن البروتونات أثقل من الالكترونات بـ ۲۰۰۰ مرة . فما هو عدد المرات التي ستكون فيها طاقتها أكبر و تصل الى عدة مليارات الكترون – فولت !

ولا يستبعد ان تتجسد هذه الفكرة في طريقة جديدة للحصول على حزم خاصة للجسيمات لاستخدامها في ابحاث الفيزياء النووية .

فيزياء من على بعد

في نهاية أبريل عام ۱۹٥۳ جرى اثناء مأدبة افطار اقيمت في حديقة الفندق ايام انعقاد مؤتمر الجمعية الفيزيائية الامريكية ، تعارف اثنين من العلماء حازا على جائزة نوبل فيما بعد وهما الفيزيائي التجريبي المعروف آلفاريتس والفيزيائي غير المعروف جلازر . ولقد ابدى جلازر أسفه لان أحدا لن يسمع تقريره الذي يستغرق عشر دقائق حيث انه سيكون آخر تقرير في المؤتمر .

وكتب آلفاريتس في ذكرياته عن ذلك الحديث يقول :

« في ذلك الوقت ، وقت الطائرات البطيئة ، كان يستمع الى آخر تقرير في المؤتمر عدد من الناس أقل مما يحدث الآن (لو كان هذا فقط ممكنا) . وافترضت أنني لن اتمكن من الحضور

عند القاء هذا التقرير ورجوته أن يشرح لى ما سيتحدث عنه . وعندها سمعت لأول مرة من جلازر عن الغرفة الفقاعية التى اخترعها . وتأثرت بشدة من عمله وأحسست فى التو أنه ربما تكون هذه هى الفكرة المنقذة ، التى كانت فيزياء الجسيمات الاولية بأمس الحاجة اليها » .

ولم تكن قد عرفت فى ذلك الوقت بعد الغرف الشرارية ، ولم يكن يعرف التجريبيون كيف يبدأ فى دراسة الجسيمات المحيرة والتى اكتشفت حديثا ــ الكاونات والهيبرونات . ومن الواضح أنه يلزم الفيزيائى لدراسة مثل هذا التفاعل ، حيث يتولد جسيمان متعادلان غريبان عند التأثير المتبادل بين البى ــ ميزونات السالبة والبروتونات ، أن يرى كل شىء بعينيه من البداية حتى النهاية . أى أن يجد ذلك المكان الذى ينقطع فيه أثر البى ــ ميزون ، وبعد فترة معينة تظهر « شوكتان » من آثار الجسيمات المشحونة التى تتفتت اليها الجسيمات المتعادلة الغريبة .

وماذا عن مشكلة السيجما هيبرون المتعادل ؟ وقد دفعت معادلة تفتته بالذات فايسكوبف الى التندر فى أحد المؤتمرات العلمية . وأثار هذا العالم النظرى المعروف المرح فى القاعة عندما اخرج ورقة تصوير نظيفة تماما وقال أن هذه الصورة التقطت فى غرفة ويلسون وأنها تعتبر دليلا على تفتت الجسيم المتعادل الجديد وهو سيجما ــ هيبرون الى جسيمين آخرين متعادلين أيضا . ولقد عكست هذه

16--1531

الفكاهة بصورة حسنة عدم مقدرة التجريبيين أمام مثل هذا النوع من التفاعلات وذلك قبل اختراع الغرفة الفقاعية .

ولا تجدى الالواح الفوتوغرافية الحساسة لدراسة التفاعلات التى يوجد بها انقطاع ـ الفراغ البينى الذى يناظر انطلاق الجسيمات المتعادلة . كما لم يجد نفعا أيضا أول مبين جيد لتحديد اتجاه المسار وهو : غرفة ويلسون المعروفة لنا .

ودورها فى التعرف على عالم الجسيمات الدقيقة كبير . ففى بداية هذا القرن لم يشك بعض الفيزيائيين فى وجود الجسيمات الاولية فقط بل حتى فى وجود الذرات . ولقد وضعت غرفة ويلسون ، التى كان يمكن أن ترى فيها آثار الجسيمات المشحونة والذرات المتأينة ، نهاية لكل هذه الشكوك . وينقل بور فى خطابه الى رذرفورد بروعة انطباعات فيزيائى هذا الزمن الذين رأوا باعينهم لأول مرة تحول النواة الذرية « عندما تعرف أن بروتون ونواة الليثيوم يندمجان ببساطة مكونين جسيم ــ الفا ، فانك تحس أنه لم يكن بالأمكان أن يحدث غير ذلك ، على الرغم من أن أحدا لم يأخذ على عاتقه أن يفكر بهذه الطريقة » .

ولا يفارق التجريبيون هذا الجهاز حتى يومنا ، ولكن غرفة ويلسون تستعمل لدائرة ضيقة من المسائل . فكثافة البخار الذى يوجد بها غير كبيرة ولذلك فاحتمال التأثير المتبادل ، مثلا ، للميزونات السالبة مع البروتونات فى داخل الغرفة ، هو احتمال ضعيف جدا .

كان هذا هوالوضع السائد فى الفيزياء التجريبية فى اللحظة التى صنع فيها جلازر جهازه المسارى الجديد ــ الغرفة الفقاعية . ولنتحدث باختصار عن مبدأ عملها . ففى السائل الموجود فى الغرفة المسخن لدرجة حرارة فوق عالية تنمو فقاعات البخار بسرعة جدا على طول الجسيم المشحون الطائر ، حيث تنزل على « الذيل » المتكون من مسار الكترونات وأيونات والذى خلفه هذا الجسيم وراءه .

وكان من الممكن ملء الغرفة بسوائل مختلفة واختيار هذه السوائل بحيث تحدث التفاعلات التى تدرس . ولغرض دراسة التأثير المتبادل بين الجسيمات المختلفة والبروتونات ملئت الغرفة بالايدروجين السائل عالى الكثافة . وكان من الممكن فى هيدروجين الغرفة السائل ملاحظة كل سلسلة التفاعلات ــ من ميلاد أى جسيم أولى حتى تفتته .

ولقد أصبحت الغرف الفقاعية جهازا واسع الانتشار فى جميع مختبرات العالم . وليس من الصعب تخمين سبب ذلك . فعندما كانت المعجلات ذات قدرة أقل كان يتولد فى التفاعلات النووية جسيمان أو ثلاثة فى وقت واحد . وكان من الممكن دائما ملاحظتها بواسطة عدة عدادات ومضان . ولكن الآن عند الطاقات الكبيرة ، ظهرت امكانية بحث عمليات التكون الجماعى للجسيمات ــ من خمسة حتى أربعة عشر جسيما مختلفة . وفى هذه الحالة تكون الغرف الفقاعية اكثر الاجهزة ملاءمة .

قدم جلازر أثناء الحديث مع آلفاريتس ايام انعقاد مؤتمر الجمعية الفيزيائية الأمريكية أول الصور التى التقطت لمسارات الاثر الفقاعية الناجمة فى بالون زجاجى يبلغ قطره حوالى سنتيمتر واحد وطوله سنتيمترين ، مملوء بثنائى اثيلين الاثير، وبعد أربع سنوات بدأت العمل غرفة فقاعية يبلغ قطرها ١٨٠ سنتيمترا .

واستطاعت « العين الثاقبة » للغرفة الفقاعية التى تنظر باستمرار الى حياة عالم الجسيمات الدقيقة ان تلتقط الرنينات التى تستطيع قبل تفتتها أن تقطع مسافة تساوى عدة أقطار نووية ، وكذلك التفاعلات النادرة المصحوبة بتولد جسيمات غريبة . وفى عام ١٩٦٠ منح اكتشاف جلازر جائزة نوبل .

لقد تم اكتشاف أوميجا — ناقص — هيبرون الذائع الصيت فى الغرفة الفقاعية البالغ طولها مترين ، الموجودة فى مختبر بروك هافن ، مما أدى الى رفع أسهم صاحبى الطريق الثمانى . وفى عام ١٩٧٠ بدأت العمل فى مختبر أرجون غرفة ذات ايدروجين سائل يبلغ طولها ٣,٦ متر، وذلك خصيصا لاجراء التجارب على النيوترينو . وقبل ذلك بعام ، تم فى المركز النووى الفرنسى بساكليه صنع غرفة فقاعية ذات قطر ٤,٧ متر .

والغرفة الفقاعية الحديثة عبارة عن مصنع مجهز بمعدات تفريغ وطاقة ومعدات غازية والكترونية كثيرة . اذ يتركز فى الجهاز المخصص للدراسة أدق لبنات المادة كل ما توصلت اليه الفيزياء الحديثة لدرجات

الحرارة المنخفضة ومعدات التجمد ، وبصريات التصوير و كثير من مجالات العلم والتكنيك الحديث الاخرى .

وتتولى صنع كل واحد من هذه الاجهزة خلال سنين كثيرة مجموعات كبيرة من الباحثين العلميين والمتخصصين فى التجمد والمهندسين والفنيين .

والآثار التى تظهر فى الايدروجين السائل للغرفة تصور من خلال نافذة مصنوعة من زجاج بصرى يزن عدة مئات من الكيلوجرامات . وعندما صنعت الغرف الاولى ، بدت مشكلة النافذة الكبيرة وكأنها عقبة كأداء . ويتذكر ألفاريتس وهو أحد البناة الاوائل للغرف الفقاعية الكبيرة : « حدث مرة ان كنت اتصفح كشفا بعناوين التقارير المقدمة فى المؤتمر الاخير لمعدات التجمد ، لاحظت من بينها تقريرا بالعنوان التالى : « نافذة زجاجية كبيرة لمراقبة الهيدروجين السائل » . وبلهفة وجزع اندفعت أبحث عن التقرير نفسه و لكن ورد فيه شرح لجهاز ديوار الذى يبلغ قطر النافذة فيه بوصة واحدة ! »

وفى معمل الطاقات العالية بالمعهد الموحد للدراسات النووية فى مدينة دوبنا ، صنعت غرفة فقاعية طولها مترين للهيدروجين السائل . واطلق الفيزيائيون على الجهاز اسم « لودميلا » وتطلب بذل جهود شاقة لقسم كبير من العاملين فى المختبر كله . وكلفت « لودميلا » اموالا و جهودا تزيد بـ ٥ ــ ١٠ مرات على ما بذل على



الوحدة التجريبية المعقدة التى بنيت للعمل مع الكا ـ ميزونات المتعادلة.

ولا تثير الغرفة انطباعا طيبا بشكل خاص فهى مضغوطة داخل مغناطيس كبير ومحاطة من كل جانب بأنابيب ومواسير عديدة ، وبانشاءات مساعدة . وليس من الغريب أن سأل أحد الحاضرين فى يوم افتتاحها : « لماذا سميتم هذا الغول بهذا الاسم الشاعرى ؟ قد يكون قد لعبت دورا فى ذلك نفس الافكار التى دعت لتسمية الاعاصير المخيفة للبحار الجنوبية باسماء مؤنثة غاية فى الرقة ؟ »

لقد فسر الاستاذ بالدين مدير معمل الطاقات العالية هذا الاسم بالطريقة الآتية : « نبعت تسمية الغرفة بالمصادفة ولكنها أعجبت الكثيرين : « لودميلا » ـ « الحبيبة للناس » . نحن نريد أن تعطى

« لودميلا » الناس الكثير من بهجة الابداع العلمى ، و النتائج العلمية الضخمة الحقيقية » .

وفى أول يناير عام ١٩٧٠ بدأ شحن « لودميلا » لأول مرة بالايدروجين السائل . ولم تتطلب تلك التجربة النادرة فى مجال فيزياء الطاقات العالية ان يشترك فيها عدد كبير من المتخصصين فى التجميد . بينما كانت مساهمتهم فى صنع الغرفة الفقاعية للايدروجين السائل امرا حاسما . ولذلك تم تشغيل « لودميلا » لاول مرة تحت اشراف العاملين فى قسم التجمد . وصف رئيس القسم الدكتور فى العلوم التكنيكية زيلدوفتش بدقة وثائقية تقريبا اكثر اللحظات اثارة وهى لحظة بدء تشغيل الغرفة ، فقال :

« لقد امتلأت الغرفة تقريبا . قف ! انسداد آخر . فلنغير المرشح . عند التشغيل الاول لابد وأن يتلف شىء . فلنستمر فى سكب الايدروجين . واختلط الحابل بالنابل . وأخيرا ظهر مستوى الايدروجين السائل ووصل الى أعلى الزجاج . نقفل الغرفة . نسخنها . بعد ذلك حدث انسداد آخر و تبعه آخر . ثم لزم الأمر اعادة لحام بعض القطع فى لوحة التحكم . وأخيرا نشغل الغرفة فى الدورة . و يلاحظ مستخدمان بانتباه الاثر باعينهم . وها هو ذا ينتهى تركيب مجموعة اجهزة التصوير و يبدأ التصوير . أول قطعة اختبارية من الفيلم . ويظهر فى دفتر التشغيل ما يلى : « ٨ يناير الساعة ١٤,٢٠ لاحظ شافرانوف آثارا على الفيلم ! » والجميع

يسيرون سعداء . نفذ برنامج النهاية العظمى . ونثبت حقيقة تجريبية أخرى ـ فسدادة زجاجة الشمبانيا لم تصل الى السقف وانما وصلت الى مستوى المرفاع الرحال فقط » .

وفي فبراير عام ١٩٧١ بدأفك الغرفة لنقلها الى سيربوخوف ، الى معهد فيزياء الطاقات العالية . واستمر العمل على قدم وساق طيلة نصف عام لفك و نقل وتجميع « لودميلا » . وفي بعض الاحيان كانت سبع شاحنات تتوجه من دوبنا الى سيربوخوف يوميا ويستقبلها هناك العاملون في قسم الغرف الايدروجينية .

وتنفس رئيس الجهاز الصعدا عندما وضعت بنجاح في نافذة الغرفة الزجاجة البصرية التي يبلغ وزنها ٧٠٠ كيلوجرام . وفي سبتمبر ولدت « لودميلا » من الاجزاء المتفرقة في مكانها الجديد . وبدأت الاختبارات الايدروجينية . ووجب على العلماء أن يبعثوها الى الحياة للمرة الثانية .

قال بالدين في الحديث عن ذكرياته حول ذلك : « ان أول انطباع تولد لدى غالبية الذين تعرفوا على مجموعات نظم الغرفة كان : « لا يمكن لهذه المجموعات والتوصيلات اللانهائية ان تعمل بدون توقف ـ اذ أنها كانت ضخمة جدا » .

بينما قال بعض مشاهير الخبراء بشكل قاطع : « وعلى أي حال ، لا يمكن أن يعمل كل شيء بعد التجميع ـ فهذا أمر لا يحدث » .

ولكن بدأ العمل فورا « بدون دخان » ، كما يحدث فى بعض الاحيان ، اشتغل المغناطيس الكهربى — احد اكبر واهم اجزاء كل الجهاز . وولد مجالا مغناطيسيا يصل حتى الى ٣٠٠٠٠ جاوس فى بئر يساوى حجمها ٦ أمتار مكعبة ، حيث تنزل الغرفة الفقاعية الهيدروجينية الى « الديوار » (ترموس) .

تم التشغيل الاول للغرفة طبقا لجدول العمل وبدون أى خلل . واشتغلت كل نظم الجهاز بدون عطل . وفى نهاية سبتمبر — بداية اكتوبر صارت « لودميلا » تعمل فى حزمة من البروتونات تبلغ طاقتها ٣٥ مليار الكترون — فولت ، و حصل منها على أول صور للتفاعلات النووية .

وظهرت الآن لدى الفيزيائيين مشاغل جديدة : فان البدء باجراء الاشعاعات العاملة يتطلب قبل كل شىء الانتهاء من اتمام أى شىء بسيط أو ضخم لم يتم عمله . وكم هى مثيرة للفيزيائيين التجريبيين القيمة الكبيرة للمجال المغناطيسى ، الا أنها تصبح أكثر اثارة لو أنها قيست بدقة . مع العلم انها تقاس فى نطاق الغرفة الهيدروجينية فى ظل ظروف العمل — عند درجة حرارة ناقص ٢٤٨°م .

قام الخبراء اللينينجراديون بتصميم ميكانيزم قائم بذاته يعمل فى هيكل الغرفة بعد تجميعها تبعا لأوامر التشغيل الآتية من نظام التحكم الاوتوماتيكى من على بعد . فليتفق معى القارئ بأن ظروف عمل

هذا الجهاز ليست بأسهل من ظروف عمل « لونوخود » — العربة القمرية الشهيرة .

جرى فى بروتفين ، يوم ١٤ يناير عام ١٩٧٢ الافتتاح الرسمى لغرفة الهيدروجين السائل « لودميلا» . وقال الاكاديمى ن . بوجولوبوف : «لاتوجد فى العالم الا عدة غرف مماثلة لهذه فقط . الا أن لهذه الغرفة ميزة جوهرية . فهى ستكون أول جهاز ضخم من هذا النوع يعمل على أكبر معجل سوفييتى فى العالم فى سيربوخوف للجسيمات المشحونة . وستتيح غرفة الهيدروجين السائل فى دوبنا الفرصة لمعاهد وجامعات الدول الاشتراكية بما فيها الاتحاد السوفييتى أن تنضم الى دراسة التأثيرات المتبادلة الاولية والجسيمات الاولية عند أعلى الطاقات التى يحصل عليها فى المعجل الضخم . وسيستطيع علماء البلدان المختلفة الحصول على مئات الآلاف من صور آثار « الأحداث » النووية الفريدة ودراستها » .

وظهر حتى تعبير — « فيزياء من على بعد » ، والذى يعنى أنه يستطيع أن يدرس فيزياء الطاقات العالية ليس فقط أولئك الذين يعملون مباشرة على أضخم المعجلات والاجهزة المماثلة لـ « لودميلا » . وفى الغرفة الفقاعية التى تذكر بالمصنع لا بسبب تعقيدها التكنيكى فقط ، وانما أيضا بسبب عدد « المنتجات » ، يجرى التقاط ملايين من الصور فى العام ، والتى سجلت عليها كل الجسيمات الاولية

التى وقعت فى الغرفة ، وكل ما حدث لها فى حجم الغرفة « برصانة » و « بدون محاباة » .

وبعد التحليل الاولى لهذه الصور على اوتوماتون خاص للمشاهدة نكتب كل المعلومات التى تحتويها على شريط مغناطيسى . وفى هذا الشكل المناسب « للنصف مصنعات » للمعلومات التى تأتى من الغرفة الكبيرة أو من مثل تجربة مراجعة نظرية بوميرانتشوك يمكن ارسالها الى المعاهد المختلفة . وترى فى هذه الحقيقة ميلاد طريقة جديدة للبحث من على بعد . « الفيزياء من على بعد » ـ هكذا تسمى هذه الطريقة فى بعض الاحيان الآن ـ وستستطيع فى المستقبل القريب أن تقرب من الجبهة الامامية للعلم ، عددا أكثر من الناس المشتغلين بدراسة عالم الجسيمات الدقيقة .

فالعالم الذى يعمل على بعد آلاف كثيرة من الكيلومترات من سيربوخوف سيستطيع أن يلاحظ الجسيمات الجديدة ، أو التفاعلات النووية ، أو النوع الذى لم يكن معروفا من قبل للتأثيرات المتبادلة بين الجسيمات الاولية .

الثمـــار والجـــذور

اذا ما عرفت دليل الظواهر
فتصبح السيد المطلق ...

« يازو العظيم »

من البلاطة الى ضديد المادة

يفسر كل شيء اليوم بالأرقام. فيستعين بها الرياضيون والبيولوجيون والسيبرنيتيكيون والديموجرافيون والاقتصاديون وكتاب التحقيقات الصحفية . وسنبدأ نحن من الارقام ايضا .

فلقد كلف الدولة بناء اضخم معجل تصل طاقته حتى ٤٠٠ جيجا الكترون ــ فولت ، والذى بدأ تشغيله منذ زمن قريب فى باتافيا بالولايات المتحدة الامريكية ، ٢٥٠ مليون دولار . وستتكلف نفس المبلغ تقريبا الماكينة المماثلة التى شرع فى صنعها فى المركز

الاوروبى للابحاث النووية ـ المعهد الذى يجمع علماء أوروبا الغربية .

وتبلغ تكاليف تصميم وصنع أجهزة التجارب للعمل على المعجلات نصف ثمن المعجل نفسه .

ولا يوجد حقل آخر للابحاث الرئيسية فيما عدا فيزياء الجسيمات الاولية يستطيع أن « يفخر » بمثل هذه المصاريف الباهظة . ولكن هذا ليس نزوة من العلماء وليس تقصيرا ترتكبه أجهزة الاقتصاد أو التخطيط . انها ضرورة ملحة .

فكل بذرة جديدة من المعرفة فى عالم الجسيمات الأولية تتطلب مجهودات أكبر وأكبر . والتقدم الى الامام فى هذا الاتجاه صعب ، ليس فقط بالنسبة لمختبر أو معهد لوحده ، ولكن لدولة واحدة . والمخرج هو تنمية التعاون الدولى بين العلماء ، الذى اصبح ممكنا فى نطاقه صنع كثير من الاجهزة غالية الثمن واستخدامها بصورة فعالة .

وقد تأسس المعهد الموحد للدراسات النووية منذ خمسة عشر عاما فى مدينة دوبنا القائمة بجانب موسكو . ويعمل فيه مع العلماء السوفييت ٤٠٠ عالم فيزيائى ومهندس من البلدان الاشتراكية المشتركة فى هذا المعهد . وكانت توجد أربع لغات عاملة فى المجموعة العلمية العاملة بمختبر الطاقات العالية فيه فقط ، التى انهت مؤخرا احدى التجارب الهامة فى سيربوخوف .

وتقوم بين المعهد الموحد للدراسات النووية والمركز الاوروبى للابحاث النووية علاقات عمل منذ زمن بعيد . وتجرى فى معجل سيربوخوف تجارب يشترك فيها العلماء السوفييت مع زملائهم من فرنسا والولايات المتحدة الامريكية والمركز الاوروبى للابحاث النووية .

ومنذ زمن قريب تحدث الاستاذ آدامس مدير المختبر الثانى للمركز الاوروبى للابحاث النووية فى الاجتماع الذى عقد بمناسبة المصادقة على مشروع المعجل البروتونى الذى تبلغ طاقته ٤٠٠ جيجا الكترون – فولت فقال أن معجل الجيل القادم الذى تبلغ طاقته ١٠٠٠٠ جيجا الكترون – فولت سيكون « ثلاثيا – ترون » – وهو جهاز سيصنع بجهود مشتركة للاتحاد السوفييتى والولايات المتحدة وأوروبا الغربية .

ولكن ، ألم تصبح فيزياء الجسيمات الاولية غالية الثمن ؟ لقد حسب العلماء الامريكيون أن كل المصاريف على الابحاث الاساسية التى انفقت منذ ايام ارخميدس حتى أيامنا هذه لا تزيد عن قيمة الانتاج الوطنى الاجمالى لعشرة أيام بالولايات المتحدة الامريكية ! ها هو ذا أول استنتاج غير متوقع : فالمصاريف على العلوم الاساسية تزداد ببطء أكبر من ثروة المجتمع . اما مساهمتها فى تكوين المستوى الحديث للانتاج المادى فعظيمة .

ولكن المهم ما يقوله الفيزيائيون أنفسهم فى هذا الصدد .

يقول بالدين العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية :
« يبين التاريخ ان اكتشاف قوانين الطبيعة الاساسية ينعكس بشدة على حياة المجتمع ان آجلا أو عاجلا . فقوة العلوم الاساسية تكمن فى أنها تعطى افكارا ذات نوعية جديدة ، ويمكن بواسطتها فجأة ، ومباشرة ، وبقفزة ، حل كثير من المسائل العملية المعقدة . وخير مثال على ذلك ــ هو تغلغل الطرق الجديدة لنظرية الكم للمجال (والتى تطورت خصيصا لبناء نظرية الجسيمات الاولية) فى فيزياء الجسم الصلد. وأما فيزياء الجسم الصلد (الفوق توصيلية وفيزياء أشباه الموصلات وفيزياء المعادن ... الخ) فلها علاقة مباشرة جدا بالتكنيك» .

قال شابيرو العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية « لا يمكن مقدما التنبؤ بالاستخدامات العملية للأشياء التى لم تدرس بعد وهاكم مثالا من الماضى . اكتشف طومسون الالكترونات : ونتيجة لذلك توجد لدينا الآن الالكترونيات ، والتلفيزيونات وأشباه الموصلات . اما هو نفسه فكان يبدى اهتماما فقط بدراسة كيف تمر التيارات فى الغازات . ولا يمكن الآن التحدث عن اية احتمالات معينة لاستخدام القوى النووية فى الحياة العملية فى المستقبل . ولكن يمكن فقط التأكيد على أنه فى حالة عدم دراستها فلن تظهر هناك أى احتمالات . وإن وجدت معارف جديدة ستظهر اختراعات فى هذا الحقل . واذا لم توجد فيمكن فقط كتابة الروايات العلمية الخيالية » .

يقول الاكاديمي بوجولوبوف ، مدير المعهد الموحد للدراسات النووية « انني أستطيع أن أورد مجموعة من الامثلة بدا فيها أن الابحاث النظرية الرئيسية ، قد اعطت الاساس الذى جلب للحياة مجالات جديدة فى التكنيك . وانى لعلى ثقة تامة من ان التغلغل فى خفايا البناء الداخلى للمادة لا بد أن يؤدى الى استخدامات عملية عظيمة ، بل وقد تكون ، غير متوقعة تماما . وبالطبع فان ثمار العلم تهم الكل ، و هذا شيء طبيعي . ولكن عند ذلك يجب الانتباه الى الجذور الكامنة العميقة لتلك الشجرة التى يمكن لهذه الثمار ان تنمو عليها » .

ولقد صدق العالم سانت ـ ديردى الحائز على جائزة نوبل حينما قال : « يكفى ان يتمتع المرء بتطور متوسط جدا فى العقل لكى يرى المساهمة الضخمة التى أدخلها العلم الحديث ، فى تطور البشرية ولكي يرى فى العلم بالذات اللحن الاساسى للتقدم ، والشيء الذى يعطى نغمة قرننا العشرين . ولا يمكن تغافل أننا جميعا عمليا مدينين للعلم ، ولو انتزعت ثماره من حياتنا فلن يتبقى شيء من حضارتنا » .

ولنحاول الآن ان ننظر الى المستقبل . من المعروف أن مستوى التطور التكنيكى للحضارة مرتبط بتسليحها الطاقى . ويحدد الخبراء بحضارات الكواكب الأخرى (ويوجد الآن مثل هؤلاء !) عدة درجات فى التطور الحضارى ــ ابتداء بانشاء نظام طاقى موحد



للكوكب ، وانتهاء بالافراز الطاقى المتحكم فيه للتراكمات النجومية .

وقبل أن يتغلغل الانسان فى عالم الجسيمات الدقيقة كان يستخدم مصادر الطاقة التى يجدها عفويا على سطح الأرض : كأغصان الشجر أو الفحم الحجرى أو النفط . ثم تعلم كيف يستخدم طاقة المياه الساقطة .

وأعطت فيزياء الجسيمات الاولية ، من بين كل العلوم عن الطبيعة فقط ، الانسانية مصدرا جديدا للطاقة هو المصدر الذرى . ويعتبر ذلك مثالا كلاسيكيا يبين كيف حلت فجأة الابحاث الاساسية لتفاعلات النوى الذرية الثقيلة المشكلة الحادة التى واجهت البشرية فى الحصول على الطاقة .

لقد اكتشف العلماء أنه فى تفاعل انضمام نواتين خفيفتين تنطلق أيضا طاقة ضخمة ــ هى الطاقة الحرارية النووية . ولكنهم لم يتعلموا بعد كيف يمكن التحكم فيها . وهى تعتبر الآن المسألة العملية الأولى التى تعمل على حلها مجموعات كبيرة من العلماء .

ومن المهم بالنسبة لتقدم الحضارة ، ليس فقط الحصول على الطاقة فى كميات متعاظمة . ولكن أيضا توفير الامكانية المناسبة لتركيز هذه الطاقة والتحكم فى انطلاقها .

استعمل الانسان الاول جزءا صغيرا جدا من الطاقة الموجودة ، مثلا ، فى كيلوجرام واحد من المادة عندما كان يستعمل الحجر فى أثناء الصيد . وتفاعل تفتت النوى الذرية للعناصر الثقيلة هو منبع للطاقة مركز جدا ومتحكم فيه وقوى بدرجة غير عادية . و يمكن أن يحل كيلوجرام واحد من اليورانيوم أو البلوتونيوم محل آلاف الأطنان من أحسن وقود كيميائى ، و « تأثير » ١٣١٠ من البلاطات. ويزيد هذا العدد عن عدد الاحجار التى قذفها كل الناس الاحياء الموجودين على الارض فى أى وقت كان !

ولكن يوجد فى خزانة الفيزيائيين شىء آخر . فعند تقابل الجسيم وضديده يحدث تفاعل افناء ــ ابادة . اذ يختفى الالكترون والبوزيترون ويتحولان الى كمة طاقة . ها هو ذا الحلم الخالد للانسانية فى التحول الكامل لكتلة المادة الى طاقة ! وفاعلية استخدام

كل الطاقة المحصورة فى المادة أكبر بآلاف المرات من الطاقة الناتجة عند انقسام النوى ، ولكن ..

يقول بلوخيتسيف العضو المراسل فى اكاديمية العلوم السوفييتية : « ولكن الى الآن يكلف ضديد المادة أكثر بكثير من الطاقة التى تنطلق عند احتراقه ورغم ذلك فليس من المستبعد ، أنه سيمكن استخدامه كوقود مركز للسفر فى الفضاء . ولكن يلزم أولا ، بالطبع ، التغلب على الصعوبات المتصلة بحفظ ونقل ضديد المادة ... الخ » .

ولكن لو أطلقنا لخيالنا العنان فان المستقبل البعيد لعلم الطاقة يمكن تصوره كالآتى ...

يتم على الكويكب أو على كوكب اصطناعى الحصول على الطاقة تبعا للدورة نظام تفاعلات تخليق النوى الخفيفة ــ وهو مايؤلف منبع الطاقة لشمسنا ، ومجموعة كبيرة اخرى من النجوم القديمة . وفى نفس الوقت تستمد الطاقة على الأرض من التخليق الموجه للجسيمات الاولية من الكواركات الحرة التى امكن الحصول عليها فى أى عدد .

هل هذا خيال جامح ؟ بالنسبة ليومنا هذا ــ نعم . ولكن اليكم ما قالة الاكاديمى بونتيكورفو عن الكواركات : « لو أن الكواركات موجودة فاننى لا أشك فى امكان استخدامها : ان « المادة » المستقرة ذات الخصائص الجديدة تماما ، لابد وأن تجد المجال

لاستخدامها عمليا . ويمكن قول نفس الشيء بالنسبة لـ « المادة المغناطيسية » المبنية من مونوبولات ديراك . ولكن ، ومرة أخرى ، اذا ما وجدت فى الطبيعة .

لكن لا يمكن القضاء على هذه وكثير غيرها من الـ اذا الا باجراء أبحاث اساسية فى فيزياء الطاقات العالية وفى فيزياء الجسيمات الاولية .

الماكينات الجامعة الأغراض

كان التنبؤ بالمستقبل دائما عملية غير بسيطة ولا تقابل الا بالجحود . وقد اتضح أن الحقيقة أغنى بكثير و أعظم مما تمثلت فى التنبؤات . وفى الغالب كانت الاجيال القادمة تتعجب لعدم وجود خيال خفاق لدى الاجيال التى سبقتها .



ومن الصعب علينا الآن تفهم كيف استطاع رذرفورد قبل سنة أو سنتين فقط من اكتشاف تفاعل انقسام النوى أن يشك فى امكانية استخدام الطاقة الذرية .

ولكن لا يجوز النظر الى قضية النفع الحالى لفيزياء الجسيمات الاولية فى شكل آمال غامضة فقط ، ولكن فى استخداماتها الملموسة فى الواقع .

فى عام ١٩٥٠ ، نشرت فى احدى المجلات الامريكية مقالة لفيجنر الفيزيائى المعروف والحائز على جائزة نوبل وقد ورد بها السطر التالى: «ان علمنا يزيد بنجاح كبير من قوتنا أكثر مما يعطينا من المعارف التى تمثل اهتماما انسانيا بحتا» .

والآن وبعد مرور أكثر من عشرين عاما لا يمكن الاتفاق مع هذه الكلمات . فحتى اذا لم نأخذ فى الاعتبار اكتشاف المنبع الذرى للطاقة فان فيزياء الجسيمات الأولية ، ما كانت ستأتى الى استعراض العلوم المفيدة للانسان خاوية اليدين .

وقبل انعقاد المؤتمر العالمى الاول للاستخدام السلمى للطاقة الذرية فى عام ١٩٥٥ اجتمعت دورة أكاديمية العلوم السوفييتية لدراسة هذه القضايا أيضا . وعندها قال الاكاديمى نيسمييانوف أن «الصناعة الذرية تعطى العلم والتكنيك عناصر مشعة تستخدم اشعاعاتها فى الطب للعلاج والتشخيص ، وتجد لها استعمالا فى الصناعات الغذائية . وفى الاتمتة ، وفى اكتشاف العيوب

فى الصناعة ، وفى الاستكشافات الجبلية ، وفى مجالات اخرى كثيرة . ولقد أصبحت الكيمياء ، والفيزياء ، والميتالورجيا ، وميكانيكا المواد الغازية ، والسائلة والصلبة ، وبنوع خاص البيولوجيا بما فيها من اقسام واتجاهات كثيرة ، ابتداء بفسيولوجيا النشاط العصبى الاعلى ، وانتهاء بعلم الزراعة ، أصبحت حقلا واسعا لاستخدام الذرات الموسومة وسمحت بادخال طرق جديدة للعمل ، والقيام باكتشافات جديدة » .

ولكن ما الجديد الذى أضيف الى هذه الاستخدامات ؟ وهل تقدم منافع أيا كانت للناس تلك الأجهزة الضخمة والغالية الثمن لفيزياء الجسيمات الاولية - المعجلات ؟

وعند انشاء أحد المعجلات الاولى فى مدينة دوبنا تعجب البناة من أنه لم تمد سكة حديد خاصة لنقل « المنتوجات » التى ستنتجها هذه الماكينة الضخمة .

ان السيكلوترون والفازاترون .. اللذين يلفهما « الضباب الغامض » للعلم ، يثيران الاهتمام ، كما هو الحال مع كل ما هو مجهول . وغير مفهوم . وغالبا ما يأتى لمشاهدتهما اناس بعيدون عن العلم . وينظر أغلبهم باحترام ووجل الى هذه المنشآت الضخمة المصنوعة من الحديد ، ويتباعدون أكثر عن العلم بنظرهم الى هذه الاجهزة الخالية من الروح ... رمز العصر الحديث .

ولكن هل التركيبات المعقدة لمصنع تكرير البترول أكثر انسانية ؟ ومجمل القضية ان الناس تعرف أنه ينتج فيه الكيروسين والبنزين . حتى الاموال الطائلة التى تنفق من أجل انزال الناس على القمر تبدو أكثر فائدة من الانفاق على ابحاث فيزياء الطاقات العالية ... وصاحب هذه الفكرة الفيزيائى الامريكى المعروف فايسكوبف قالها فى ندوة تبيليسى المنعقدة عام ١٩٦٩ .

وللأسف ، فان أوساطا واسعة من الناس لا تزال حتى الآن تجهل القسط الضخم الذى تساهم به المعجلات ، بل وكل الفيزياء التجريبية للطاقات العالية فى الحياة اليومية للانسان .

بحث معهد القضايا النووية لاكاديمية العلوم السوفييتية فى السينكروسيكلوترون الذى صنع منذ نهاية عام ١٩٤٩ — فى أيام ما بعد الحرب الصعبة ، عملية انقسام النوى الثقيلة تحت تأثير النيوترونات . وكانت هذه النتائج لازمة لحل مسائل الاستخدام العملى للطاقة الذرية . والآن يعمل على المعجلات التى من هذا النوع لا الفيزيائيون وحدهم و لكن أيضا ممثلو تخصصات أخرى تماما : الكيمياء الاشعاعية والطب ، والبيولوجيا الاشعاعية وكيمياء الارض ، والباحثون العلميون فى المعاهد العلمية المتصلة مباشرة بالصناعة .

فيقومون فيها باختبارات على مقاومة البطاريات الشمسية للاشعاعات ، وتحل مشكلة حماية الانسان من تأثير الاحزمة

المشعة الموجودة حول الأرض و كذلك من تأثير الانفجارات الشمسية .

ان تطور صناعة المعجلات قد دفع البشرية قدما الى الامام فى الطب النووى ، والعلاج بالأشعة . فأكثر من نصف كل المعروف من النوى المشعة اكتشف فى تفاعلات درسها الفيزيائيون على المعجلات . ويحصل على أغلب النظائر المشعة فى المفاعلات النووية ولا يتم الحصول على النظير المشع الزنك – ٧٢ الذى يستخدم عند الاكتشاف المبكر لسرطان غدة البروستاتا ، الا فى المعجلات فقط .

ويستخدم رجال الطب منذ زمن بعيد المدفع الكوبالتى فى علاج الاورام الخبيثة بكمات جاما التى تشع من النظير المشع للكوبالت . ولكن هذه الاشعاعات تصيب أيضا الأنسجة السليمة الواقعة بجانب الأنسجة المصابة . ومن الاحسن استخدام البروتونات أو البى – ميزونات . فعند توقفها فى المادة تخرج طاقة عظيمة فى حجم غير كبير .

وتعلم الفيزيائيون تكوين حزم بروتونية خاصة « طبية » على السينكروسيكلوترون فى مدينة دوبنا وعلى السينكروترون البروتونى فى موسكو . و يدرس رجال الطب الاكلينيكيون فى معهد علم الاورام التجريبى والاكلينيكى التابع لاكاديمية العلوم الطبية السوفييتية الآن امكانية استخدام هذه الحزم لتحسين طريقة علاج السرطان بالأشعة .

هكذا فان المعجلات قد التقت منذ زمن بعيد مع الانسان بشكل غير ملحوظ .

ولم نذكر شيئا حتى الآن ، عن استخدام المعجل فى الصناعة . فبواسطة البروتونات ذات طاقة تبلغ حوالى ١٥٠ ميجا الكترون - فولت يمكن قياس سمك الجرافيت بدقة تصل الى ٠,٠٠١٥ بالمائة بالمقارنة مع الـ ٢ بالمائة التى نحصل عليها عند استخدام جسيمات ألفا أو الالكترونات لهذا الغرض ، وبعد معالجة المواد بالاشعة على المعجل ترتفع درجة انصهارها وتزداد قوة جذبها وصلابتها ، ويتغير تركيب وخواص المواد البوليمرية .

قال العالم الفيزيائى الامريكى راوزين فى خطاب القاه فى المؤتمر القومى للمعجلات بشيكاغو أنه من بين ١٠٠٠ معجل تعمل فى الولايات المتحدة الامريكية يستعمل أقل من ١٥٠ معجلا فقط للدراسات الاساسية ، بينما يستخدم ثلثها فى الصناعة والطب ، اما الباقى فيستخدم فى العلوم التطبيقية .

ان فيزياء الجسيمات الاولية تؤثر بطريق غير مباشر على مسيرة التقدم التكنيكى للانسانية .

يقول الاكاديمى السوفييتى بونتيكورفو : « نظرا لكون هذا العلم علما طليعيا بحق فانه قام بتطوير عديد من الاساليب العلمية الجديدة أو عجل تقدمها . وقد استخدمت هذه الاساليب ، وهى عادة بمستوى أعلى امكانيات التكنيك الحديث، عمليا فى التكنيك

النووى والطب والبيولوجيا ، وفى ابحاث الفضاء ، واستكشاف الثروات المعدنية ، وفى صنع الحاسبات الالكترونية والاسلحة والمعدات الدفاعية . وليس من الصدف أن فيزياء الجسيمات الاولية تدفع الآن الى انشاء مغناطيسات ذات فرط الموصلية ، التى ستستخدم بلاشك ، بصورة تطبيقية هامة فى مجالات التكنيك المختلفة » .

عملت مجموعة من قسم التجمد فى مختبر الطاقات العالية للمعهد الموحد للدراسات النووية فى انشاء هدف من الهيدروجين السائل و الديتوريوم لغرض القيام بتجارب على الكا ـ صفر ـ ميزونات . وفى اثناء هذا العمل صنع العلماء ترموسات ذات تركيب خاص . ولقد أهتم بها كثير من المؤسسات الصناعية . ومنذ فترة وجيزة جاء للاطلاع عليها رجال الزراعة أيضا . وتذكر زيلدوفتش رئيس قسم التجمد كيف أنه لزم « عرضيا » اثناء صنع غرف الهيدروجين السائل صنع مسيلات هيدروجينية ضخمة وبدأ انتاج هذه المسيلات بالجملة طبقا لرسوم الفيزيائيين . ولأول مرة فى الاتحاد السوفييتى تم الحصول على الباراهيدروجين السائل فى هذه المسيلات .

تحدث الاكاديمى فليروف مدير مختبر التفاعلات النووية فى المعهد الموحد للدراسات النووية عن الاستعمال العملى للتجارب

الناتجة فى المختبر فقال : « ان جميع الاجهزة المتقنة التى صنعت فى مختبرنا لغرض فصل النوى الثقيلة من كتلة كبيرة من المادة تستخدم فى التكنولوجيا الصناعية الدقيقة . و اذا ما توخينا المجاز فى التعبير لامكن القول اننا نستطيع أن نجد الابرة وسط كوم من القش . وصارت الطرق الحساسة جدا فى التحليل ، المتبعة عندنا ، تستخدم منذ زمن بعيد للحصول على المواد الكميائية ذات النقاوة الشديدة » .

وقد امكن تحويل حتى العيب المبدئى الموجود لدى معجل الالكترونات ـ السينكروترون الى فائدة . فان الالكترونات بتحركها على المدارات الدائرية فى المجال المغناطيسى للمعجل ، تتوقف وينبعث منها « اشعاع سينكروترونى » . وهذه الظاهرة ، التى يستحيل مكافحتها عمليا ، تعرقل التسريع اللاحق للالكترونات فى الماكينات الدورية . ولكن بالنسبة لرجال البيولوجيا والكيمياء والطب يعتبر « الاشعاع السينكروترونى » شيئا مرغوبا فيه ، نظرا لأنه لا يمكن بأى طريق آخر الحصول على هذا القدر من التدفقات الشديدة للكمات الرونتجنية الناعمة (المستقطبة !) . ومهما بدا هذا متناقضا ، الا أنه يجرى صنع معجلات خاصة يستعمل فيها للابحاث لا الالكترونات المسرعة نفسها وانما ما يعوق تسريعها .

المعجل .. مولد للطاقة

تستعمل معجلات الجسيمات الاولية اليوم على نطاق واسع جدا . ولكن الخيال الخصب يعجز عن مد قنطرة ما بين كلمة « معجل » وكلمة « مولد » — وهو الجهاز الذى ينتج طاقة . اذ يظهر أمام العين التناقض الصارخ فى نفس المزاوجة بين هاتين الكلمتين . كيف يمكن للمعجل ان يولد الطاقة فى الوقت الذى يستهلكها نفسه ، باستمرار بكميات كبيرة ؟

وفعلا ، فلو قطعنا عنه التيار فستقف الماكينة الضخمة حالا . ولا يعرف أحد الحالات التى اعاد المعجل فيها الطاقة المستعملة ، ناهيك عن الحديث عن عملية انتاج الطاقة .

ولكن على الرغم من ذلك ، وكما يؤكد عنوان هذا الحديث فهذه ليست حكاية . والحق ايضا انها ليست من احاديث واقعية بل امكانية حقيقية تماما . اذ تبين أنه يمكن بواسطة معجل الجسيمات الاولية الحصول على وقود للطاقة النووية .

فى عام ١٩٥٥ أعطت تيارا كهربيا أول محطة كهروذرية فى العالم فى مدينة أوبنينسك القريبة من موسكو ذات طاقة ٥ ميجاواط فقط . والآن تعمل فى كل بلاد العالم اكثر من ٢٣٠ محطة كهروذرية تبلغ قدرتها الاجمالية ٢٠٠٠٠ ميجاواط . ويؤلف هذا الى الآن اثنين بالمائة من القدرات الطاقية فى العالم . ولكن تبعا

لتوقعات العاملين فى مجال الطاقة فسترتفع هذه النسبة فى عام ١٩٨٠ الى ٣٠ ثم الى ٥٠ بالمائة فى نهاية القرن الحالى .

لقد حان الوقت الذى تتحول فيه الطاقة الذرية من لقية غير متوقعة فى فيزياء عالم الجسيمات الدقيقة ، الى مصدر هام للطاقة على كوكبنا .

يقول الاكاديمى ن . بوجولوبوف : « من السهل التأكد أنه فى الفترة من أول مؤتمر عالمى فى جنيف للاستعمال السلمى للطاقة الذرية فى عام ١٩٥٥ وحتى المؤتمر الرابع فى سبتمبر ١٩٧١ تمت تغيرات جذرية فى العلاقات المتبادلة ما بين « الذرة — والمجتمع » .

وفعلا فالمشكلة التى كان يعمل على حلها العلماء فقط الذين يدرسون المفاعلات الذرية أصبحت تهم اليوم دائرة كبيرة من



المتخصصين . وقد طرحت الجمعية العامة لهيئة الامم المتحدة أمام المؤتمر الرابع فى جنيف هدفا هاما جديدا : ان هذه الطاقة يجب أن تكون مفيدة ليس فقط للعلماء والمهندسين ، ولكن أيضا لمنظمى الصناعة والاداريين والاقتصاديين . وتتحول الطاقة النووية الى ضرورة حيوية .

ولنعد الآن الى مشكلة الوقود الذرى . ما الذى نقصده بهذه الكلمات ؟ اليورانيوم ؟ نعم فاليورانيوم الطبيعى هو وقود المحطات الكهروذرية . ولكن ما الذى تهبه لنا الطبيعة ؟ ان ٠٫٧ فى المائة فقط من هذه الهبة هو نظير اليورانيوم — ٢٣٥ أى تلك « الاعواد الجافة » التى تحترق فى المفاعل . اما كل المتبقى فهو « حطب رطب » ، لا يصلح لان يكون وقودا وهو اليورانيوم — ٢٣٨ . ولو كان بالمستطاع استخدامه ليكفى ما يستخرج من اليورانيوم لمئات من السنين . ولكن فى المفاعلات الحرارية يحترق فقط جزء طفيف منه .

ولو أننا قارنا ما بين حجم المستخرج من اليورانيوم حاليا و بين مالا يحترق منه « بالكامل » فى المفاعلات ، فسيكون الاستنتاج غير مسل . على الرغم من ارتفاع « سعرية » الوقود اليورانيومى فهو قليل ، ولا يكفى لمستقبل الطاقة الذرية .

لكن الطبيعة ليست بخيلة . فبالاضافة لليورانيوم — ٢٣٥ اشركت فى قابلية الانقسام البلوتونيوم — ٢٣٩ واليورانيوم ٢٣٣ ،

مع أنها لم تسمح لنا فى نفس الوقت بأن نستخرجها بطريقة طبيعية : اذ لا يوجد هذا النظير المشع أو ذاك فى الطبيعة .

لكن الفيزيائيين النوويين يعرفون ، مع ذلك ، أنه يمكن الحصول على البلوتونيوم من اليورانيوم ـ ٢٣٨ أما اليورانيوم ـ ٢٣٣ فيمكن الحصول عليه من الثوريوم الطبيعى الذى لا يصلح وقودا ، لو نسلط عليهما سيلا قويا من النيوترونات .

وفى المؤتمر السابع العالمى للطاقة قال الأكاديمى أليكسندروف : « عندما نتحدث عن موارد الطاقة النووية التى لا تنفذ عمليا ، فاننا نقصد بذلك وجوب وامكانية ادخال الوقود الثانوى اى البلوتونيوم الى اللعبة ، واستخدام جزء كبير من احتياطى اليورانيوم ـ ٢٣٨ تبعا لذلك . وبدون هذا لايمكن التحدث عن التطور طويل الامد للطاقة الذرية فى تلك المقاييس التى تحددها وتائر التقدم التكنيكى الحديث ، نظرا لأن مصادر اليورانيوم ـ ٢٣٥ ستكون غير كافية لهذا الغرض » .

ويمكن أن يرضى الاحتياطى المكتشف من المواد الخام الحاجة الى اليورانيوم حتى أواخر السبعينيات . ولذلك تطرح الآن مهمة ضبط انتاج الوقود الثانوى على نطاق كبير .

كما يمكن الحصول على البلوتونيوم لو توفر لدينا عدد كبير من النيوترونات . ولكن من أين نأتى بها ؟ وتبرز مشكلة أخرى ، وهى الحصول على تدفقات نيوترونية كثيفة .

تتولد بعض النيوترونات عند انقسام النوى فى المفاعلات الذرية ، و يبتلع جزء منها فورا للمحافظة على التفاعل المتسلسل . ويصبح بعض النيوترونات على كل حال غنيمة لنوى اليورانيوم — ٢٣٨ . ويستخرج من القضبان اليورانيومية المستهلكة وقود ذرى جديد هو البلوتونيوم .

وتسير هذه العملية بفعالية أكبر فى المفاعلات التى تعمل على النيوترونات السريعة . ويوضع حول المنطقة النشطة من المفاعل الذى يعمل على اليورانيوم — ٢٣٥ النقى ، او البلوتونيوم النقى ، النظير المشع الذى لا يستعمل كوقود لليورانيوم أو الثوريوم . وبامتصاصها للنيوترونات السريعة المنطلقة فى هذه المنطقة تتحول الى مادة قابلة للانشطار .

ولكن الى الآن تقف أمام مصممى هذه المفاعلات مجموعة من المسائل الهندسية و الفيزيائية التى لم تحل بعد . فيجب أن تكون المفاعلات مفيدة اقتصاديا . والمهم أن نضمن الوتيرة اللازمة لتطور الطاقة الذرية ، ويجب أن تتضاعف كمية البلوتونيوم فيها خلال ٥ — ٧ سنوات على الاكثر . و لكن المفاعلات الموجودة حاليا ، والجارى بناؤها ، التى تعمل بالنيوترونات السريعة ، تضمن مضاعفة البلوتونيوم خلال مدة أطول ٢ — ٤ مرات مما هو مطلوب .

عندئذ اقترح الفيزيائيون طريقة أخرى للحصول على المواد التى يمكن أن تنقسم . وترتبط هذه الطريقة لا بالمفاعلات الحرارية ، أو السريعة ، و انما ترتبط بمعجلات الجسيمات الاولية .

النوى الذرية — انها مخازن حقيقية مملوءة بالنيوكلونات . ولكن كيف يمكن فتحها — هنا تكمن المشكلة . ففى المفاعلات النووية تتحرر النيوترونات فى تفاعلات الانقسام . ولكن يوجد احتمال آخر.

فى بداية القرن الحالى استطاع رذرفورد ان يستخرج البروتونات من النوى الخفيفة لأول مرة بواسطة جهاز بدائى ، هو منبع جسيمات ألفا . ولكن هل يمكن الحصول على الكثير ، « بالتنقيب » فى قفل الخزانة النووية الخبيئة بالايدى المجردة تقريبا ؟ وعندما تسلح العلماء بمعدات من العيار الثقيل ، وهى المعجلات القوية للجسيمات الاولية ، أمكن لهم اجراء تفاعل تفتت نوى الذرات الثقيلة . فقد هزت البروتونات المعجلة بشدة النوى المملوءة بافراط بنيوكلونات النواة ضعيفة التماسك ، بحيث أنه تساقط منها فى نفس الوقت عدة عشرات من الجسيمات . ويستطيع بروتون واحد ذو طاقة كبيرة ، أن يهز ما يقرب من ١٧ نيوترونا من نواة اليورانيوم ، وما يقرب من ١٢ نيوترونا من نواة الرصاص . وللجسيمات المحررة طاقة كبيرة بما فيه الكفاية ، وعند اصطدامها مع النوى الاخرى تهزها بدورها . وهكذا تفتح « ابواب » الكنوز النووية الواحد بعد الآخر .

ويمكن فى تفاعلات الانقسام أن نفصل عدة نيوترونات فقط من نوى المواد النادرة القابلة للانقسام . ولكن لو وضعنا قطعة من الرصاص فى حزمة قوية من البروتونات المنطلقة من المعجل ، فسيتحول الرصاص الى مولد للنيوترونات .

والآن لنضع بدلا من الرصاص ، هدفا ضخما طويلا جدا من اليورانيوم — ٢٣٨ أو من الثوريوم . وما أن يشغل المعجل حتى تغلى العملية : فتبدأ البروتونات بهز نوى الهدف ، أما النيوترونات الساقطة فستبدأ فى « الانصات » الى اليورانيوم غير القابل للاشتعال . وقد سميت هذه الطريقة للحصول على الوقود النووى الثانوى بالطريقة بالكهرونووية .

ان فكرة هذه الطريقة وأسسها الفيزيائية معروفة منذ زمن بعيد . الا أنه لم يكن من الممكن استخدامها سابقا نظرا لعدم وجود المعجل اللازم لذلك . ويتوفر لدى الفيزيائيين اليوم مجال كبير للاختيار : السيكلوترون و الفازاترون ، والسينكروترون .. ولكن لم تصلح لهذا الغرض أية ماكينة من الماكينات الموجودة .

يقوم معجل سيربوخوف بتسريع البروتونات الموضوعة فيه الى ٧٠٠٠٠ ميجا الكترون — فولت . ولكن عدد الجسيمات المعجلة فيه فى نفس الوقت غير كبير اذ يبلغ حوالى $١٠^{١٢}$ بروتون فى الثانية . وأما للانتاج الصناعى للنيوترونات بالطريقة الكهرونووية فيكفى اعطاء البروتونات طاقة ١٠٠٠ ميجا الكترون — فولت ، ولكن يجب أن يخرج المعجل جسيمات أكثر من ذلك بمليون مرة .

كيف يمكن اجبار المجال المغناطيسى للمعجل أن يجمع ، ويحافظ على ، ويعجل مثل هذه الكمية الضخمة من البروتونات ؟ ففى المعجل القوى المجرى لا بد وأن تمركز الجسيمات بواسطة

مجال مغناطيسى بصرامة أكثر مما هو فى معجل سيربوخوف .
ولكن ، هل يمكن فى نفس الوقت زيادة كثافة الحزمة البروتونية والمحافظة على تردد دورانها ثابتا ؟

يبدو أن تحقيق هذين المطلبين فى نفس الوقت شيء غير ممكن . ولكن ماذا ستقول التجربة ، بل وبماذا تتم التجربة ؟ اذ أنه قبل إنشاء معجل معقد وكثير التكاليف يلزم أن نكون واثقين من أنه سيعمل .

وتسنى للعلماء السوفييت كسر هذه الحلقة المفرغة اذ استطاعوا تحت اشراف العضو المراسل لأكاديمية العلوم السوفييتية دجيليبوف والأستاذ دميتريفسكى ، صنع نموذج لسيكلوترون بروتونى قوى المجرى .

وعندما يجرى الحديث عن صنع نموذج لماكينة جديدة فان المقصود به نسخة مصغرة منها . ولكن ماذا يعنى صنع نموذج للمعجل ؟ ان المعجل الصغير جدا ، الذى اختصرت كل مقاساته فى عدة مرات ، يمكن أن يكون ماكينا فقط وليس نموذجا . فالمغناطيس الصغير لن يستطيع أن يعجل البروتونات الى طاقة ١٠٠٠ ميجا الكترون ـ فولت ، أما نمذجة حركة الجسيمات فيجب ان تتم بالسرعة التى تكتسبها الجسيمات عند هذه الطاقة .

من السهل القول ، ايجاد نموذج للبروتون . وعلى الرغم من ذلك فقد وجد هذا النموذج . وهو الالكترون ! انه مواطن عالم الجسيمات

الاولية الكامل الحقوق ، فللالكترون شحنة أحادية أيضا ولكنه أخف من البروتون بألف مرة . وللالكترونات ذات الطاقة ٠,٥ ميجا الكترون ـ فولت فقط نفس السرعة التى للبروتونات الثقيلة المسرعة حتى ١٠٠٠ ميجا الكترون ـ فولت وتحاكى جيدا حركة البروتونات فى المجال المغناطيسى .

وبالنموذج الالكترونى الصغير للسيكلوترون البروتونى الذى يساوى قطره مترين فقط أمكن اختيار الشكل اللازم المجال . واتضح أن النموذج قادر على الحياة تماما . وفى بداية عام ١٩٧١ اعلن دجيليبوف مدير مختبر القضايا النووية فى المعهد الموحد للدراسات النووية أنه : « اظهرت التجارب على النموذج الالكترونى أنه يمكن تعجيل البروتونات حتى طاقة تصل الى ١٠٠٠ ميجا الكترون ـ فولت وفى الوقت نفسه ينطلق ١٠^١٨ جسيم فى الثانية ! وتصل قدرة مثل هذه الحزمة الى مئات الميجا واط . وهذا طريق لانشاء الفبارك الميزونية القوية جدا وانشاء المولدات النيوترونية وغير ذلك ... » .

« الفابريكة الميزونية » ـ هذا هو الاسم الذى اطلق على المفاعلات التى لا تزيد طاقة البروتونات فيها على ١٠٠٠ ميجا الكترون ـ فولت ولكن كثافة الجسيمات تكون أعلى مما هو لدى الماكينات العادية . وسيمكن الحصول فى هذه الاجهزة على حزم

قوية للبى ـ والميو ـ ميزونات . وهذه الحزم لازمة ليس فقط للدراسات الاساسية ولكن أيضا للاستعمال العملى الصرف .

وتوجد فى الاتحاد السوفييتى أماكن لم تستثمر كثيرا بعد فيها منابع رخيصة للطاقة ، منها على سبيل المثال . شرق سيبيريا ، ذو الاحتياطى الذى لا ينفذ من الطاقة المائية . والآن ينقل التيار المتولد من المحطات الكهرومائية السيبيرية عن طريق خطوط الضغط العالى ذات الاطوال العظيمة الى النظام العام للطاقة . والفقد فى هذه الخطوط كبير جدا . والمعجل القوى المجرى ذو الهدف ـ مفاعل ، يمكن فى نفس المكان وباقتصاد كبير أن يحول الطاقة الرخيصة الى وقود نووى . والمنتوج المركز لهذا المصنع ، يسهل توصيله الى الاماكن التى توجد حاجة فيها اليه .

ولا يمكن القول متى وأين وفى أى شكل سيتم انشاء جهاز للحصول على الوقود الثانوى فهذا يتعلق بكثير من الامور منها : التطور اللاحق للمعجلات ، وفيما اذا سيتسنى ايجاد حل هندسى موفق لتركيب المفاعل ـ الهدف ، وهل سيكون هذا الجهاز الحقيقى مفيدا من الناحية الاقتصادية .

وهناك شىء واحد واضح . وهو أنه تم اقتراح طريقة جديدة للحصول على المواد القابلة للتفكك ، وقائمة على معرفة عميقة بسلوك الجسيمات الاولية ذات الطاقات الكبيرة .

الذرات المبدعة

فى صيف عام ١٩٧١ استقبلت مدينة دوبنا الواقعة فى إحدى ضواحى مدينة موسكو ، مرة اخرى الضيوف المشتركين فى المؤتمر الرابع لفيزياء الطاقات العالية و تركيب النواة . وفى احدى جلسات المؤتمر تقدم الى المنصة ثلاثة من العلماء السوفييت الواحد تلو الآخر وتحدثوا عن المنجزات فى مجال جديد للدراسات . ولد فى دوبنا وهو ــ الكيمياء الميزونية .

قال الأستاذ روزين من الولايات المتحدة الامريكية فى خطابه فى المؤتمر : « ان اعمال العلماء السوفييت فى مجال الكيمياء الميزونية احسن الابحاث فى العالم فى هذا المجال . اننا نرغب فى العمل معهم » .

ما هى الكيمياء الميزونية ؟

يوجد على امتداد حائط القاعة الكبرى للسينكروسيكلوترون فى المعهد الموحد للأبحاث النووية ، صف من الثقوب ــ القنوات التى « يوصل » عن طريقها من المعجل الجسيمات المختلفة للتجارب : بروتونات و نيوترونات . وبى ــ ميزونات . وتقوم هناك حيث تمر حزم الميو ــ ميزونات الاجهزة التى تدرس فيها المميزات الهامة للتفاعلات الكيميائية باستخدام هذه الجسيمات . وهذه الاجهزة شديدة الشبه بكثير غيرها مما يوجد فى القاعة . وفيها الكثير من

« الفيزياء » مثل عدادات الجسيمات الاولية ، والوحدات الضخمة من الرصاص للوقاية ، ولا يوجد أى شىء « كيميائى » — لا القارورات ولا السحاحات ولا أجهزة التقطير . ولا يوجد أيضا اتصال مباشر بين العالم الكيميائى والمادة قيد البحث . ويكون العلماء اثناء عمل المعجل على بعد عدة عشرات من الامتار من القاعة ، ويتتبعون فقط التفاعلات الجارية فى المادة الهدف ، بواسطة ما تبينه الاجهزة .

كيف ظهرت هذه الطريقة المدهشة الجديدة لدراسة الخواص الكيميائية للعناصر ؟

ان الميو — ميزون — أحد « المخضرمين » فى جدول الجسيمات الاولية . ولقد اكتشف فى الأشعة الكونية فى عام ١٩٣٨ ، وبعد عدة سنوات من ظهور نبوءة الفيزيائى — النظرى اليابانى يوكاوا عن الجسيم الخفيف غير المستقر — ناقل القوى النووية .

ولكن الجسيم الذى استجاب بسرعة لنداء الفيزيائيين سرعان ما خيب آمالهم : فلم يكن الميو — ميزون يجدى للدور الذى اسند اليه . ولكن عند ذلك ظهر السؤال التالى : ما هو المكان الذى يحتله هذا الجسيم فى الطبيعة ، ذلك الجسيم الشبيه من كل الجوانب بالالكترون ، ولكن كتلته أكبر بمائتى مرة ؟ طرح هذا السؤال منذ ثلاثين سنة مضت ويظل حتى اليوم بدون اجابة على الرغم من أنه فى مركز اهتمام الفيزيائيين .



يقول الأكاديمى م . ماركوف : « يبدو أن احدى المشكلات الاساسية فى النظرية الحديثة للجسيمات الاولية ــ هى المشكلة المتعلقة بادراك الاختلافات فى الخواص الفيزيائية للميو ــ ميزون ، والالكترون ، ومكان الميو ــ ميزون والالكترون فى تنظيم الجسيمات الاولية » .

ولقد بحث العلماء التجريبيو ن العاملون على المعجلات منذ الخمسينيات بدقة خواص الميزونات السريعة والميزونات التى تتوقف فى المادة . ولم يكشف الجسيم الغامض عن سره للعلماء . ولكن وعلى الرغم من ذلك ، فان هذه الاعمال بالذات قد عملت على ميلاد الكيمياء الميزونية .

يتولد ميو ــ زائد وميو ــ ناقص ــ ميزونات عند تفتت جسيم أثقل وغير مستقر هو البى ــ ميزون . و هما يظهران الى الوجود مع

النيوترينو . و يكافيء هذا الجسيم العجيب دائما مشاهدى ميلاده باظهار خاصية ما غير عادية .

كما لا تبقى الميو ـ ميزونات (الميوأونات) أيضا بدون « هدية » . وتكون العزوم المغناطيسية لكل الجسيمات التى لها اشارة واحدة ، ذات اتجاه محدد جدا . ويقال عن هذه الميوأونات أنها مستقطبة . ولكن كم كانت دهشة الفيزيائيين كبيرة عندما اكتشفوا أنه يكفى أن تتوقف هذه الجسيمات فى المادة ، حتى تفقد أغلب الميزونات استقطابها خلال عدة أجزاء من مليون من الثانية التى تسبق تفتتها . لماذا ؟ ما الذى يحدث فى الهدف الموضوع فى طريقها ؟

واجريت القياسات فى مواد مختلفة ، ولكن لم تسفر نتائج القياسات عن التوصل لتفسير ذلك . ففى اهداف معينة ، خرق التساوى عدد أقل من نصف كل الميزونات ، وفى أهداف أخرى فقدت كل الجسيمات تقريبا استقطابها الاولى . وتغير الاستقطاب كذلك بسبب درجة حرارة مادة الهدف ، وتركيبه الجزيئى ، ووجود الشوائب وقيمة شدة المجال المغناطيسى الخارجى و لأسباب أخرى خارجية كثيرة .

و كان الفيزيائى ـ النظرى السوفييتى الكبير لانداو من أوائل من شرحوا ما الذى يحدث للميو ـ زائد ـ ميزون المتوقف فى المادة . اذ اتضح أن الميزون ينتزع من احدى الذرات المحيطة الالكترون

الخارجى الذى يكون متصلا بالذرة اتصالا ضعيفا ويكون ذرته الخاصة — ذرة الميوأونيوم .

وقد اكتشف التجريبيون الميوأونيوم ، ولكن بقى غير مفهوم : ما الذى يحدث له بعد ذلك فى أجزاء المليون الاخيرة من الثانية قبل التفتت ؟

ان شحنة «نواة» الميوأونيوم موجبة — ميو — زائد — ميزون — ويوجد على المدار الكترون سالب واحد . ويشبه الميوأونيوم كثيرا ذرة الايدروجين ولكنه لا يشبهها فى الوزن اذ أن الميزون أخف بتسع مرات من البروتون نواة ذرة الايدروجين . وبالاضافة الى ذلك فان الميوأونيوم يعيش فقط حتى تفتت الميو — ميزون الى اثنين من النيوترينو وبوزيترون واحد . ولكن خلال هذا الزمن القليل جدا ، فهو لا يمكث دون أن « تلاحظه » الذرات المجاورة .

وتبعا للخواص الكيميائية ، فالميوأونيوم هو توأم ذرة الايدروجين . فهو يدخل فى نفس التفاعلات الكيميائية التى تدخل فيها ذرة الايدروجين . وهذا يعنى أن الميو — ميزون ، الكائن فى تكوين الميوأونيوم، يتصرف فى اللحظة الأخيرة من وجوده تصرفا غير عادى بالنسبة للجسيمات الاولية ، اذ يحيا حياة كيميائية . وينعكس ذلك فورا على اتجاه عزمه المغناطيسى .

ولقد ادرك العاملون فى معهد الفيزياء النظرية والتجريبية ، وأثبتوا بالتجربة أيضا ، أنه بتغير استقطاب الميو — ميزونات يمكن

بدقة عالية تحديد السرعة المطلقة ، ونوع التفاعل الكيميائى للميوأونيوم ، وبالتالى للايدروجين مع المادة . ولا يمكن معرفة ذلك بالطرق الكيميائية العادية . أما للطريقة الميزونية فلا توجد هنا أية مشكلة . فالذرة المشعة الموسومة للميوأونيوم « تعلن » بواسطة البوزيترون المنطلق عند تفتته عن سير التفاعل الكيميائى من النموذج الصلب ، أو السائل ، او الغازى . ويخلص هذا العلماء من وجوب استخراج ناتج نهائى للتفاعل الكيميائى من المادة قيد البحث .

ويكون للميو ــ ناقص ــ ميزون مصير آخر . فما أن يتوقف فى المادة حتى تجذبه النواة الذرية الى مدارها . ويقوم الميوأون السالب عندئذ بدور الالكترون « الثقيل » . وبهذه الطريقة تتكون الميزو ــ ذرة وهى « النظير المشع » الخاص للعنصر الموجود فى الطبيعة . وتشبه الميزو ذرة من الناحية الكيميائية ذرة المادة الموجودة حقيقة ، والواردة فى الجدول الدورى فى مربع كائن على يسار مادة الهدف الذى توقف فيه الميزون السالب .

وقامت مجموعة من الباحثين العلميين فى مختبر القضايا النووية بالمعهد الموحد للدراسات النووية طيلة عدة سنوات بدراسة موضوع : لماذا تغير الميو ــ ميزونات اتجاه عزومها المغناطيسية بطرق مختلفة فى الظروف المختلفة عند نشوء الميزو ذره ؟ وبعد العديد من التجارب المختلفة الكثيرة على المعجل ، ادرك الفيزيائيون أخيرا ، أنهم كانوا أول شهود لظاهرة مدهشة جدا هى التفاعلات

الكيميائية للميزو ذرة ! ففى الهدف المملوء بالماء اجتذبت ذرات الاوكسيجين الميو — ناقص — ميزونات وتحولت الى ميزو ذرات تشبه ذرات الآزوت أى نماذج الآزوت النرى . وكانت هذه النماذج عاملة .

واصطدمت ذرات الميزوآزوت مع ذرات وجزيئات أو شظايا جزيئات المحيط وكونت بسرعة مركبات كيميائية . ومرة أخرى اختل استقطاب الميزونات . بينما كانت الاجهزة الدقيقة التى تسجل الالكترونات المنطلقة من الهدف بعد تفتت الميزونات ، تلاحظ هذا التغير فى الحال . ومن السهل تحديد سير التفاعل الكيميائى باختلال الاستقطاب .

الايدروجين هو إحدى الشخصيات الرئيسية التى تعمل فى الكيمياء العضوية . اذ أن ٩٠ فى المائة تقريبا من كل التفاعلات فى العمليات التكنولوجية المعقدة مثل تقطير النفط تتم باشتراك الايدروجين النرى . ولو عرفت بدقة كبيرة السرعات المطلقة لتفاعلاته لا مكن حساب الطريقة المثلى لأى عملية انتاجية كيميائية بواسطة الحاسبات الالكترونية .

وتبقى تلك مجرد امنية حتى يومنا . وسيتم ضبط التكنولوجيا بطريقة التجربة والخطأ على مدار عدة سنوات أو حتى عشرات من السنين .

ولا يمكن بواسطة الطرق الكيميائية العادية تحديد سير التفاعل الكيميائى . وعمليا يتم التفاعل دائما بطرق مختلفة ، وتحاط فى

الاجهزة المختلفة « بشبكات عنكبوت» مختلفة من عقد التفاعلات الجانبية . ولذلك تختلف اختلافا بينا قيم السرعات المطلقة للتفاعلات التي يحصل عليها باحثون مختلفون ، والاختلافات كبيرة جدا بحيث أنه ، كما يقول الكيميائيون ، يعتبر الفرق بين سرعات التفاعلات بمئة مرة سيئا ، ولكنه لا بأس به، وفي عشر مرات مقبولا وأما في مرتين أو ثلاث فمقبولا جدا .

بينما يعمل الفيزيائيون الذين يدرسون الجسيمات الاولية في أحوال مختلفة تماما . اذ أن طرقهم دقيقة للغاية ، بحيث أن النتائج التي يحصلون عليها لا تعتمد عمليا على ظروف التجربة . وتتمتع الطريقة الميزونية الجديدة بمثل هذه الصفة . فيمكن بواسطة الميو — ميزونات ان تحدد ، بدقة تصل الى ١٠ في المائة ، السرعات المطلقة للتفاعلات الكيميائية السريعة جدا للايدروجين و الذرات الاثقل منه مع المواد المختلفة و عند درجات حرارة مختلفة .

و تثير كثيرا من القلق لدى الكيميائيين مادة أخرى ليست أقل شعبية من الايدروجين هي الآزوت . فحامض التريك هو مادة اساسية في الصناعة الكيميائية . ولا يكون للكيمياء في الصناعة أي معنى بدون غاز النشادر ، مثل ذلك مثل طيران الصاروخ الفضائي بدون هيدروزين .

ولم تدرس الخواص الكيميائية للآزوت الذري العنصر المعروف للناس منذ القدم ، حتى الآن دراسة جيدة . ويعود هذا بالدرجة

الاولى الى نشاطه الكيميائى العالى . فهذا النشاط يعرقل تحديد ميكانيزمات تفاعلاته و تحديد مميزاتها الكمية ، وهو شيء هام جدا بالنسبة للاستخدامات العملية .

والآن تأتي الميزو ذرات لمد يد المساعدة . فبدراسة ميزو ذرات للازوت حصل العلماء على أول معلومات عن طبيعة التأثير الكيميائى المتبادل للذرات الآزوت مع ذرات الايدروجين وجزيئات بيروكسيد الايدروجين . وامكن بواسطة الاجهزة الالكترونية تحديد أنه فى الماء وفى المحاليل المائية ، وعند درجة حرارة الحجرة ، يدخل الميزوآزوت فى تفاعلات كيميائية خلال فترة ضئيلة للغاية تبلغ حوالى ١٠ ١١ ثانية . وأمكن كذلك قياس السرعات المطلقة لعدد من هذه التفاعلات .

و لاشك ، أن الأمر لا يقتصر على الايدروجين والآزوت فقط ، فباختيار مادة لايقاف الميو — ميزونات المشحونة بشحنات سالبة ، يمكن تكوين نماذج « عاملة » لكثير من الذرات الأخرى ودراسة سلوكها . و اما — بواسطة الميزو ذرات — دراسة العمليات المختلفة فى البيئة .

دوبنا — « مكة » الميزوكيمياء

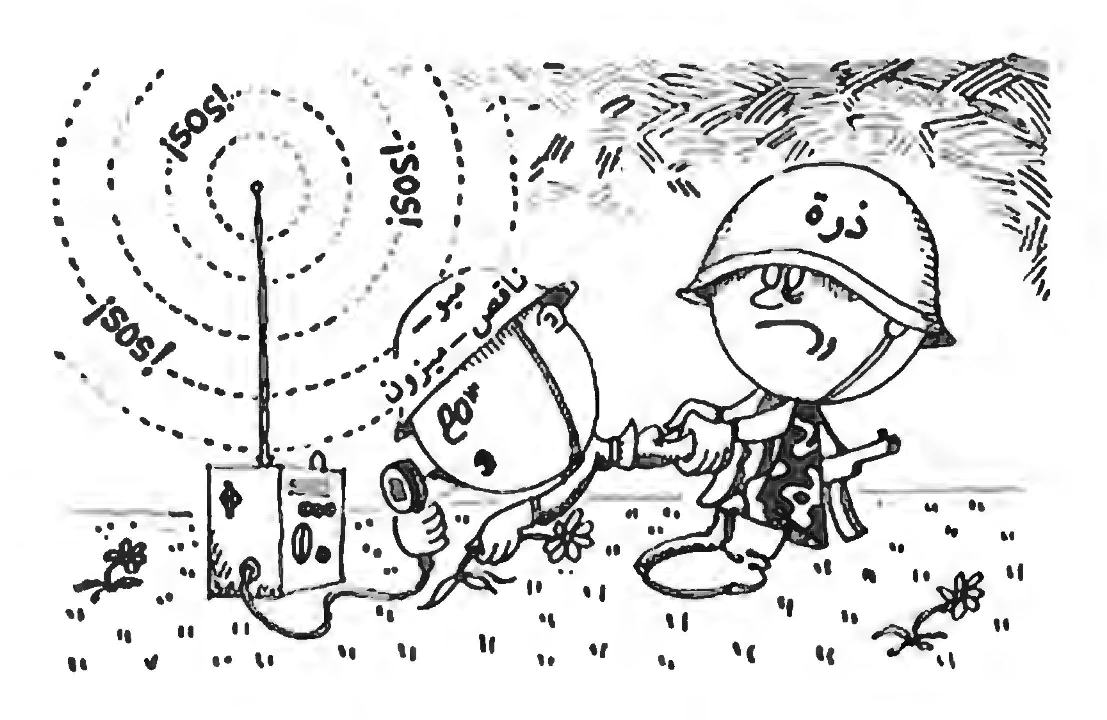
فى حقيقة الأمر يؤدى نفس الممثلين على مسرح الطبيعة ، الادوار فى مسرحيتى « الكيمياء » و « الفيزياء » . ولكن فى الفصول

الكيميائية التقليدية ترتدى الذرات و الجزيئات ملابس فاخرة من التسميات المخيفة للمركبات المختلفة ، وتقيد باغلال القوانين الكيميائية بحيث أنه من الصعب رؤية ما وراء ذلك من اساس فيزيائي لسلوكها ، كما هو الحال في مسرح الاقنعة عندما يكون من الصعب رؤية الوجه الحقيقى للممثل .

وكثيرا ما كان يردد مندلييف بعد وضعه الجدول الدورى للعناصر انه يود كثيرا معرفة سبب دورية خواص المواد الكيميائية . وبعد ان كشفت الفيزياء تكوين الذرة ، ساعدت الكيمياء على ادراك كنه نفسها ، ورؤية العلاقة الموجودة فى الطبيعة ما بين تكوين القشرات الالكترونية والخواص الكيميائية للمادة .

ولكن مما يبعث على الحزن ، ان الطرق التقليدية للكيمياء التجريبية لا تسمح بكشف هذه العلاقة في كل حالة معينة . وينتج أن التجريبيين لا يستطيعون الاستناد الى النظرية ، والنظريون لا يملكون المادة التجريبية اللازمة لمراجعة حساباتهم . كما لا تساعد في ذلك الحاسبات الالكترونية القوية . فامكانيات الكيمياء النظرية محدودة حتى الآن .

وها هو الآن « يستجمع قواه » في الصف الأمامي من العلم الحديث مركز « الاسعاف الطبى العاجل » المزود بالبى والميو — ميزونات على متنه ، ويسير فى طريق « فيزياء الجسيمات الاولية — الكيمياء » .



وقد لاحظ الباحثون فى معمل القضايا النووية لأول مرة أن مميزات الاشعاع الرونتجينى الصادر من الميزو ذرات ، تعكس خواص التكوين الكيميائى لمادة الهدف . وبدراسة اكسيدات عناصر مختلفة ، وجد الفيزيائيون دورية دقيقة لخواص الاشعاع الميزورونتجينى . ولو لم يكتشف الجدول الدورى للعناصر منذ ١٠٠ سنة مضت ، لكان من الممكن التنبؤ به على أساس التجارب على الميوأونات .

عندما يقع الميو — ناقص — ميزون فى أى ذرة فهو يلحق فى ارسال سلسلة من الاشارات قبل أن تلتقطه النواة ، وهذه الاشارات هى أشعة رونتجن — والذى يمكن عن طريقها ببساطة معرفة مكان وجوده « فى الاسر » وعند أى ذرة .

ولكن هل يستطيع العلماء تحديد ما هى المادة الموجودة فى العلبة المقفلة باحكام ؟ ومهما قلبتها فى يديك فلا يمكن معرفة ما بداخلها . ويأتى للمساعدة الفيزيائى التجريبى الذى يدرس الحزمة الميو — ميزونية . فبتعريض العلبة للاشعاع بالميزونات السالبة ، يعرف فورا تبعا للاشعاع الرونتجنى الآتى منها ما هى العناصر الكيميائية الموجودة فيها .

وان حزمة الجسيمات الاولية الرفيعة كالقلم الرصاص التى يجرى تكوينها فى « الفابريكة الميزونية » فى « لوس آلاموس » فى الولايات المتحدة الأمريكية ، تتغلغل بسهولة فى أى عضو داخلى للانسان ، وتعطى الامكانية لمقارنة اشعاع الانسجة الصحيحة مع اشعاع الانسجة المريضة . والتشخيص الطبى المبكر هو شرط لازم جدا لسرعة شفاء الانسان — وهذا ما يمكن أن تعطيه الابحاث الرئيسية لخواص الميزوذرات .

ولقد كان مدهشا أيضا اكتشاف تأثير التكوين الالكترونى للمركبات الحاوية على الايدروجين على احتمال التفاعل النووى لامتصاص البى — ميزونات ذات الشحنة السالبة بواسطة البروتونات . وتحصل البى — ميزونات على تخصص ثان ، اذ تستطيع تحديد الاحوال التى توجد فيها ذرات الايدروجين فى جزيئات المواد المعقدة ، وتتفتح أمام هذه الجسيمات كثير من الاسرار الكيميائية .

كيف يؤثر المذيب والمادة المذابة فيه كل واحد على الآخر ؟

بقى هذا السؤال بدون اجابة عشرات من السنين . ولقد افترض مندلييف أن الذوبان ليس تفتيتا ميكانيكيا الى جسيمات أصغر تصل فى صغرها الى الجزيئات ، وانما تأثير كيميائى متبادل . ولكن ، لم يكن لديه ، ولا لدى الأجيال التى جاءت من بعده ، أى اثبات على ذلك .

ومنذ فترة وجيزة وضع الفيزيائيون فى حزمة من البى – ميزونات المنطلقة من السينكروسيكلوترون فى مختبر القضايا النووية بالمعهد الموحد للدراسات النووية ، أولا هدفا مملوءا بماء مقطر ، ثم نفس الهدف حاويا على محلول مائى لمادة معينة . فماذا حدث ؟ فى الحالة الثانية تغير احتمال الامساك بالبى – ميزونات ، وهذا يعنى أنه قد تغير التركيب الالكترونى لجزيئات الماء . هكذا تم الحصول على اثبات دخول الماء فى التفاعل الكيميائى مع المادة المذابة .

ما هو الحامض ؟ تصعب الاجابة على هذا السؤال مباشرة حتى بالنسبة للمتخصصين . وفى مؤلف « الكيمياء غير العضوية النظرية » الذى صدر فى عام ١٩٦٩ كتب بشكل صريح ما يلى : « وعلى الرغم من ذلك فبعد ثلاثة قرون من العمل مع الاحماض لا يزال لا يوجد رأى واحد فى تعريف مفهوم « الحامض » وكذلك فى نظرية خواصه » .

فيم اذن الصعوبة ؟ ربما فى انه لا يوجد حتى الآن تعريف دقيق للخاصية الرئيسية للأحماض – قوتها . والحديث عن أن قوة الحامض ، على ما يبدو ، تتوقف على تركيب جزيئه ، ليس بالامر الجديد على الكيميائيين . ولكن لم يكن فى أيديهم أداة مناسبة لقياس كثافة

الالكترونات فى الأماكن المختلفة من الجزئ . ولم يتحرك الأمر قيد انملة الى أن هرع الفيزيائيون لمد يد المساعدة .

فوضعت عدة أحماض الواحد وراء الآخر تحت تأثير مجس بى — ميزونى . وبتغير عملية الامساك بالبى — ميزونات بواسطة الهيدروجين الداخل فى تكوين هذه الاحماض تم كشف كثافة الالكترونات فى الجزيئات . وعندما وضعت الاحماض فى صف تبعا للنتائج المتحصل عليها اتضح أن قوتها تضعف بالضبط بمثل هذا النظام ، ولم يخيب الامل « مقياس القوة » الميزونى .

ان الطريقة الميزونية لدراسة المادة هى انجاز ضخم لعلماء الدول الاشتراكية . وتتطور الكيمياء الميزونية الآن بصورة عارمة ، وخرجت خارج حدود جدران مختبر القضايا النووية . ان دوبنا اليوم هى مركز معترف به من الجميع للابحاث الميزوكيميائية . ويزوره علماء من كثير من الدول للتدريب على فرع العلم الجديد .

وتلازمت الابحاث العميقة فى فيزياء الجسيمات الأولية مع ظهور غصن قوى على شجرة العلم . وستطلع عليه قريبا ثمار غالية الثمن.

وقد يكون قريبا ذلك الزمن ، الذى ستبنى فيه مجمعات ضخمة للعلم . وستلحق بالمعجل القوى للبروتونات معاهد للفيزياء والبيولوجيا ، و معهد الحصول على الوقود النووى الثانوى و معاهد صناعية علمية ومستشفيات و مؤسسات أخرى . وبالطبع ستكون هناك محطة ذرية لتوليد الكهرباء يعطى وقودها المعجل نفسه ، والتى تزود هذه المجموعة كلها بطاقة بدون ثمن تقريبا .

الكـــون الصغـــير

ان ضوء الكون ، يبدو ، كذلك
غير بسيط
مثلما لا تزال الحياة على الأرض
غير بسيطة

ياروسلاف سميلياكوف

مختبر للجميع

تخيم فوق رؤوسنا هوة السماء التي ليس لها قرار والمتغيرة دائما . فتارة نجدها قد غطيت بالسحب وتارة تتراقص فيها التلاوين الزرقاء واللازوردية . والسماء هي الموضوع الدائم للشعراء الغنائيين ومصوري المناظر الطبيعية . وحتى الفيزيائيين الذين يعتبرونها كفضاء جوي فقط ، يجدون في هذه الكلمة عنصر الرومانتيكية ... رومانتيكية العلم .

حصل الانسان مع الفضاء الجوى على مختبر طبيعى كامل . وقد عرف بذلك منذ فترة وجيزة ، فى بداية القرن الحالى ، على الرغم من أن مفهوم الفراغ الجوى قد ظهر قبل ذلك بكثير . والآن يعرف الفيزيائى أنه فى الفراغ الخالى من الهواء ما بين النجوم تطير البروتونات كما لو كانت فى غرفة التفريغ بالمعجل ، بسرعة تقارب سرعة الضوء ، ومنها يتكون ٩٥ فى المائة من الاشعة الكونية الاولية . وبعد ان تطير البروتونات الى المحيط الجوى للأرض تخترقه . فما الذى يحدث عند ذلك ؟

يحدث نفس الشيء الذى يجرى فى معجل سيربوخوف عند اصطدام حزمة البروتونات مع الهدف ، ولكن فى الظروف الطبيعية يتم هذا الحادث بطريقة أبهر . اذ تصطدم بروتونات الأشعة الكونية بطاقة هائلة مع المحيط الجوى ، و تتحطم الى مجموعة من دقائق الرذاذ المتفرقة هى ... جسيمات أولية تتساقط على سطح الارض .

وهكذا فسماؤنا الزرقاء الرائعة ليست سوى هدف المعجل البروتونى الكونى . وقد ضرب هذا المعجل رقما قياسيا ، ليس فقط من ناحية الطاقة ، وانما من ناحية عدد الجسيمات الأولية التى اكتشفها العلماء فيه .

لقد اكتشفت الالكترونات ، و الفوتونات ، والبروتونات ، والنيوترونات ، قبل صنع المعجلات ، وبدون اشتراك الاشعة الكونية . غير أنه لم تولد فيزياء الجسيمات الاولية الا عندما

اكتشفت ، لأول مرة ، فى غرفة ويلسون « منتجات » المعجل الكونى : البوزيترونات ، والميو — ميزونات ، والبى — ميزونات و الكا — ميزونات ، والهيبرونات ...

وأمكن أخيرا ، فى عام ١٩٥٦ ، اكتشاف النيوترينو بواسطة المفاعل النووى . ولقد عقبت الكاتبة نيكولايفا على هذا الحدث فى روايتها التى لم تتم « اننى احب النيوترينو الموعود بأمل ولد مع الفرح ، ومزين بالرقة . اننى أحب النيوترينو ، تلك الصغيرة التى تتغلغل فى كل شىء ، والقادرة على اختراق المجرة وهى تضحك حتى لو صببنا فوقها الاسمنت . اننى أحب النيوترينو» .

وبنتيجة التأمل فى خواص التأثيرات المتبادلة الضعيفة توصل العلماء الى نتيجة ، هى أنه يمكن ان تنسب كل الأسطر المفعمة بالبهجة هذه الى نيوترينو الطاقات الصغيرة ، أما نيوترينو الطاقات الكبيرة فلا تستحقها . لماذا ؟ ان كل الجسيمات الأولية الاخرى تصبح اكثر نفاذية بازدياد طاقتها . أما النيوترينو — فعلى النقيض . ولكن كيف يمكن اختبار فرضية العلماء عمليا ؟ من أين نأخذ النيوترينو ذا الطاقات الكبيرة جدا ؟

وهنا عادت الاشعة الكونية الى الذاكرة مرة اخرى واورد الأكاديمى ماركوف فكرة مفادها أنه لدراسة التأثير المتبادل الضعيف يمكن استخدام النيوترينو التى ولدت فى المحيط الجوى الأرضى . و يتساقط فوق كل متر مربع من سطح الارض من السماء ثلاثون

يوترينو جوية في الثانية تزيد طاقتها على ١٠ مليارات الكترون – فولت ! وهذا العدد كبير جدا ، لو أننا تصورنا النيوترينو كشيء ما مثل قطرات المطر . ولكنه قليل جدا لو أخذنا في الاعتبار وضع التجارب المعينة .

هل تذكرون كيف أمكن تسجيل النيوترينو ؟ فتم خلال وعاء صغير فيه سائل ومضان امرار دفق من النيوترينو بشدة هائلة من المفاعل . ولكن ليس بالامكان اجبار المعجل الكوني أن يعطي هذه الجسيمات بكمية أكبر . ووجب ان يكون هناك وعاء ضخم لكي نسجل فيه النيوترينو الجوية بشكل يوثق منه .

و عندئذ قام العلماء بتجارب شاركت فيها الكرة الارضية باجمعها : فقد قامت كل مادة الكرة الارضية بدور هدف كبير في دفق ضعيف من النيوترينو الساقطة .

ان أرضنا شفافة بالنسبة للنيوترينو . وعلى الرغم من ذلك ، فان جزءا من المليون من تدفقها هذا يتوقف في هذا الهدف الضخم . و في لحظة تفاعل النيوترينو مع مادة الأرض ينشأ جسيم مشحون خفيف – ميو – ميزون ، يمكن تسجيله بعداد عادي . وبعد تسجيله يمكن معرفة التأثير المتبادل للنيوترينو ذات الطاقات الكبيرة مع المادة .

ولكن ها هي ذي صعوبة . فمثل هذه الميو – ميزونات بالضبط تخرج من المعجل الكوني ، ولا يمكن تمييزها عن تلك الميو –

ميزونات التى تتولد عن النيوترينو .
أين اذن المخرج ؟ هو مخرج واحد ـ يجب الاختفاء جيدا عن الضيوف الثقلاء (الميو ـ ميزونات الكونية) ، بأن نضع فى طريقها حائلا لا يمكن النفاذ منه ، وهو سمك القشرة الارضية التى تساوى ثلاثة كيلومترات .

وفى عام ١٩٦٦ تم تجميع اجزاء جهاز مؤلف من ٣٦ عدادا طول كل واحد منها خمسة أمتار ، ويحتوى على ١٦ طنا من سائل خاص ، تحت الارض على عمق أكثر من ثلاثة كيلومترات فى منجم للذهب يقع بالقرب من جوهانسبورج فى جنوب أفريقيا وكانت هناك مائة وخمسون من المضاعفات الضوئية شديدة الحساسية تراقب باستمرار السائل الذى يومض تحت تأثير الجسيمات



الاولية ، وتم خلال عام تسجيل ١٠ نيوترينو جوية .

وقد اكتشفت مثل هذه النيوترينو مجموعة أخرى من العلماء في الهند على عمق ٢٣٠٠ متر . ولقد أكدت افتراضات العلماء نتائج هذه التجارب ، ثم التجارب على المعجلات .

وفى السنوات الاخيرة خرجت الاشعة الكونية ثانية الى صدر المسرح . فلبناء نظرية الجسيمات الاولية ، كان من المهم لا اجراء دراسة مستفيضة حول خواص الجسيمات المعروفة ، وهو بالطبع أمر من الانسب القيام به على المعجلات ، و انما البحث عن جسيمات جديدة — الكواركات ، والبوزونات البينية ومونوبولات ديراك ، وكذلك اختبار النظريات الاساسية . وهنا كل شيء تقرره الطاقة .

ويعتبر الكوسموترون «المجاني» الآن المنبع الوحيد للجسيمات التى تتميز بهذه الطاقات، ولا زال من المستحيل حتى الآن الحصول عليها بطريقة اصطناعية . ويعتقد بعض العلماء (دايسون مثلا) أن مستقبل فيزيا" الطاقات العالية ليس فى بنا" معجلات بطاقات أكبر ، ولكن فى انشا" اجهزة تسجيل ضخمة تعمل بالاشعة الكونية .

ولقد وضعت على اثقل الأقمار الصناعية السوفييتية من نوع « بروتون » أجهزة خاصة وأهداف ، لدراسة التأثير المتبادل لبروتونات الاشعة الكونية الاولية ذات الطاقة فوق العالية مع المادة . وبعد ان اخترق القمر الصناعي المجال الجوى ، اخرج الهدف الموجود فيه والاجهزة الى دفق البروتونات المسرعة فى الفضاء ، تماما كالهدف

الموجود فى هويس، ففى لحظة معينة يخرج لمقابلة الحزمة البروتونية لمعجل سيربوخوف . وبالمناسبة يجب أن نلاحظ أنه توجد على متن الاقمار الاصطناعية من مجموعة « كوسموس » ، مكشافات لتسجيل ضديدات الجسيمات و ضديد النوى فى الاشعة الكونية الاولية .

قلنا أن الميو ـ ميزونات أثقل بكثير من الالكترونات . ومن الممكن أن يكون فى ذلك أحد الاسرار العميقة لعالم الجسيمات الدقيقة . ولكن هل هى تختلف عن الالكترونات بأى شىء آخر عدا الكتلة ؟ ولو كان الجواب لا ، ففيم اذا سبب « اكتناز » الميزون ؟

يحاول النظريون الاجابة على هذه الاسئلة باعتبار أنه توجد تأثيرات متبادلة خاصة لكل جسيم . و مهمة التجارب ايجاد الاختلاف فى تصرف الميواونات والالكترونات . ولم يتسن اكتشاف أى اختلاف على المعجلات . ولكن قد تظهر هذه الاختلافات عند الطاقات العالية جدا ؟

وتجرى فى المحطات العلمية الموجودة على الجبال العالية فى العالم دراسة دقيقة لميلاد الميو ـ ميزونات بواسطة البروتونات الكونية ذات الطاقات الضخمة . وفى قاع المناجم العميقة يقيس العلماء التوزيع الزاوى للميزونات المتكونة فى الغلاف الجوى .

وتم مؤخرا الحصول اثناء هذه التجارب على نتائج ، تختلف عن تلك التى تعطيها الحسابات النظرية . وأصبحت هذه النتائج موضوعا لمناقشات حامية .

« ملعقة » للشمس

حدث ان ظهر الناس مرة ثانية فى منجم مهجور قديم فى ولاية داكوتا الجنوبية فى الولايات المتحدة الامريكية . ولم يكن هؤلاء الناس يشبهون عمال المناجم ، وما قادهم الى هناك لا مشكلة اعادة بناء المناجم المهجورة ، ولا البحث عن الثروات المعدنية . ففى عام ١٩٦٨ جمع ديفيز مع مجموعة من العاملين على عمق ألف وخمسمائة متر أول « تليسكوب » للحصول على معلومات عن ... الشمس .

تليسكوب تحت الأرض ؟ ولكن ألا توضع مثل هذه المعدات عادة على الجبال حيث المحيط الجوى أكثر شفافية . وأخيرا ولتجنب التشويشات البصرية ، يجرى وضعها على مناطيد تحلق الى حدود الغلاف الجوى تقريبا أو على أقمار اصطناعية الى الفضاء الخارجى .

والجهاز الجديد الذى صنعه ديفز هو تلينسكوب غير عادى تماما . فهو عبارة عن وعاء اسطوانى يبلغ قطره ستة أمتار وطوله خمسة عشر مترا . ويملأ برابع كلوريد الاثيلين — السائل المحتوى على

الكلور . ولا يوجد بالجهاز عدسات وكل تلك الاشياء التى تقترن مع مفهوم التليسكوب البصرى . ولكن بواسطة التليسكوب العادى لا يمكن النظر الى الطبقات العميقة للشمس .

تنشأ الفوتونات فى الجزء الأوسط من شمسنا ، الذى يشغل فقط جزءا من المليون من حجم الشمس . ولذلك يلزم الفوتونات أن تجتاز كتلة ضخمة من المادة لكى تصعد الى السطح . وطبعا فهى تهلك بسرعة عند أول التأثيرات المتبادلة مولدة فوتونات اخرى ذات طاقة أقل. وبعد ملايين السنين ، تصل الى سطح الشمس من داخلها الاجيال البعيدة للجسيمات الابتدائية ، التى لا « تذكر » شيئا عن نشأتها .

مهما نظرت الى سطح الحساء فلن تحزر ابدا هل هو كثيف أم سائل . من أجل ذلك لا بد من تقليب الحساء بالملعقة . ولا يمكن تحديد درجة حرارة الحساء دون أن يكون لدينا ترمومتر . ويوجد فى نفس الوضع العلماء . الذين يدرسون الشمس بالطرق البصرية . فهم يستطيعون دراسة الضوء الشمسى ، المتكون أساسا على السطح ، ولكن ليس لديهم لا « ملعقة » ولا « ترمومتر » للحصول على معلومات عن نواتها .

وتجمع كثير من الأسئلة . وتعرف حتى الآن السمات العامة فقط لما يحدث فى الجزء المركزى من الشمس . وقد طرح ادينجتون عام ١٩٢٠ فرضية مفادها أن الشمس تستمد طاقتها من تفاعلات نووية حرارية تتحول عندها العناصر الخفيفة الى عناصر أكثر ثقلا .



ولكن كيف السبيل لاثبات هذه الفرضية ؟ كيف نعرف ما هى التفاعلات النووية والنووية الحرارية التى تحدث هناك ؟ ما هى درجة حرارة وكثافة قلب الشمس ؟ يمكن التخمين فقط أن نواة شمسنا اكثف بكثير من الرصاص وأنها محماة حتى ١٥ مليون درجة .

وكان يمكن أن تبقى الاسئلة بدون اجابة لولا النيوترينو . فكان يلزم لاشعاع الشمس بالذات مثل هذا الجسيم ذى الطابع « الردىء » و « غير الأنيس » والذى يتميز نظرا لذلك بمقدرة غيرعادية على التغلغل . وتتولد النيوترينو فى مركز الشمس ، عندما يتحول الايدروجين الى هيليوم ، وتنطلق كمية هائلة من الطاقة . ويستهلك جزء من هذه الطاقة لاضاءة وتدفئة نظامنا الكوكبى .

ولو صحت تصورات العلماء عن منبع طاقة الشمس فان هذا يعنى أن الارض تتلقى دائما « دوش شاركو » * حقيقيا من النيوترينو الشمسية . يجب أن تقع مائة مليار جسيم من هذه الجسيمات فى كل ثانية على كل سنتيمتر مربع واحد من سطحها !

لكن الشيء الرئيسى ليس فى ضخامة العدد ، و انما فى أن النيوترينو المتولدة فى مركز الشمس تنطلق فى جميع الاتجاهات دون أن تلاحظ الكتلة الضخمة للشمس التى تتحرك خلالها . وتصل الى الارض فى « شكلها الابتدائى » حاملة معها نيس ١٠ فى المائة من كل الطاقة التى تشعها الشمس فقط ، ولكن أيضا معلومات كبيرة القيمة عن نواة الشمس .

ياله من وضع عجيب : ان ضوء الشمس لا يعطى للعلماء اجابة على الاسئلة التى تقض عليهم مضجعهم ، وفى نفس الوقت فان المعلومات اللازمة تشق الهوا على شكل نيوترينو شمسية . ولو أمكن قياس شدة وطاقة النيوترينو ، لحصل العلما فى ايديهم فى نفس الوقت على « ملعقة » و « ترمومتر » لتحديد درجة حرارة ، وكثافة قلب الشمس .

وقد جمع العلما الامريكيون مثل هذا التليسكوب النيوتريني لدراسة الشمس على عمق سحيق تحت الارض . فطبقة الصخور

---

* دوش خاص يتكون من عدة مواسير ذات ثقوب موضوعة على محيط نصف كرة بحيث أن الماء ينطلق على جسم المستحم من جميع الاتجاهات (المترجم) .

ذات سمك كيلومتر ونصف كانت تحمى جيدا الجهاز من الاشعة الكونية وما تحتويه من ميو — ميزونات تعرقل عمل العلماء . وفى نفس الوقت لم تولد أى تشويش « للنظر » الى الشمس بواسطة النيوترينو.

استخدم ديفيز الطريقة التى اقترحها فى عام ١٩٤٦ بونتيكورفو للبحث عن النيوترينو التى لم تكن قد اكتشفت فى ذلك الوقت بعد . فالنيوترينو باصطدامها بهذا « التليسكوب » مع ذرة الكلور تحولها الى نواة مشعة لذرة الارجون . وسمحت الطرق الفيزيائية الكيميائية الخاصة باصطياد حتى عدة ذرات من الارجون من الكتلة الكبيرة للسائل . أما الباقى كله فبسيط . اذ يمكن حساب عدد ذرات الارجون هذه ذات الفاعلية الاشعاعية ، أى عدد « الآثار » النيوترينية ، بسهولة باستخدام عداد عادى للجسيمات الاولية .

لكن ما نهاية هذه القصة ؟ لا يوجد حتى الآن نهاية لها ، بل وعموما ان هذه ليست قصة بل هى واحدة من قضايا فيزياء الجسيمات الاولية والفيزياء الفلكية المعاصرة .

وفى صيف عام ١٩٧٢ ، عقد فى بالاتونفوريد بالمجر ، المؤتمر العالمى للفيزيائيين « نيوترينو — ٧٢ » . وقد تحدث عنه احد المشتركين فى المؤتمر وهو بونتيكورفو فقال « ليس من العجيب أن قاعات المؤتمر كانت تغص بالناس طول الوقت على الرغم من الحرارة، وقرب المياه الباردة لبحيرة بالاتون . وكان بين المشتركين فى المؤتمر كبار المتخصصين فى فيزياء النيوترينو ممن يعملون فى

اكبر مختبرات العالم . وأثارت بعض التقارير فى المؤتمر ضجة ، الا انها من وجهة نظرى ضجة سابقة لأوانها » .

وقد دار الحديث قبل كل شىء عن تقرير الاستاذ ديفيز عن النتائج السلبية لمحاولات العثور على النيوترينو الشمسية . وكان بعض العلماء على استعداد لاعلان خطأ تصورنا عن المنبع النووى الحرارى لطاقة الشمس ، وبالتالى طاقة النجوم الاخرى أيضا .

ويعتقد بونتيكورفو ان مثل هذه الاستنتاجات « الثورية » سابقة لأوانها .

يمكن القول كالسابق أن الشمس تحصل على الطاقة فى تفاعل اتحاد أربعة بروتونات فى نواة الهليوم . ولكن توصل الى هذه العملية النهائية دورات مختلفة للتفاعلات النووية . ويمكن للتليسكوب النيوترينى الذى ابتكره ديفيز أن يسجل النيوترينو من جزء صغير لمثل هذه التفاعلات فقط .

وقد تعنى النتيجة السلبية ببساطة أن الشمس تقوم بدورة اخرى من التفاعلات ، وان درجة حرارتها أقل بـ ١ ــ ١,٥ مليون درجة مما كان يعتبر قبل ذلك .

ولو ظهر ان عدد النيوترينو الشمسية اقل بثلاث أو أربع مرات ، لكان ذلك يعتبر انقلابا فى تصوراتنا عن عمل الشمس . ولكن يمكن الآن افتراض أن للنيوترينو خواص غير معروفة بعد فمثلا هى تتفتت قبل أن تلحق بالطيران الى التليسكوب ، أو ان النيوترينو تتحول

تلقائيا فى الطريق من الشمس الى الأرض الى ضديد النيوترينو ، ولكن جهاز ديفيز لا يتأثر بها .

العاصفة النيوترينوية

الشمس هى الكوكب الذى يمنحنا الحياة والدفء والضوء . وقد عبر عباد الشمس عن عرفانهم لهذه المعجزة المستمرة دائما ، فاسبغوا عليها لقب كبير الالهة، سواء أكان الاله رع عند المصريين، أو الرب ياريلو عند السلافيين . وليس عبثا أنهم كانوا يفزعون لدى حدوث كسوف الشمس ، وكانوا يقيمون صلوات الشكر عندما « ينطفىء » النجم ليلا ثم يغمر الأرض فى الصباح بالضوء مجددا .

وفى الواقع لم يظهر الا فى بداية قرننا فقط ، وبعد اكتشاف النواة الذرية ، التفسير العلمى للمصدر الذى تنهل منه الشمس والنجوم الاخرى معينها من الطاقة . ولم يكن الانسان على الارض بعد قد أنس هذا الشكل من الطاقة . حتى فى أحسن الاجهزة النووية الحرارية من نوع « توكاماك » ، نجد ان البلازما الايدروجينية ليس لها درجة حرارة عالية ولا كثافة عالية بما فيه الكفاية .

ولقد لاحظ علماء الفلك الأقدمون التغييرات التى تحدث للنجوم . ففى الاسفار والكتب القديمة ، حفظت ملاحظات عن الظواهر النجومية غير العادية التى نسميها نحن الآن بوميض النجوم الجديدة ، وفوق الجديدة . وبالتدريج تكونت الفكرة عن ارتقاء النجوم .

وعندما تجمع ايدروجين الكون فى علق كثيف بما فيه الكفاية ـ أجنة النجوم القادمة ـ بدأ انضغاط المادة وفى نفس الوقت تسخنها . ويمر كل « طريق حياة » النجمة عبر ضغط و درجة حرارة هائلين . وفى اعماق النجوم الضخمة الساخنة يبقى دائما « مناخ » ملائم لتفاعلات الجسيمات الاولية .

هل يستطيع العلماء عن طريقها معرفة أى شىء هام عن المراحل الاساسية لتطور النجوم ؟

ان طاقة الاشعاع الحرارى للنجوم الساخنة كبيرة بدرجة أنه تتكون فى أعماقها دائما أزواج من الجسيمات الخفيفة ـ الالكترونات والبوزيترونات . وعند تصادمها تختفى و تظهر ثانية فوتونات الاشعاع الحرارى . ويبدو أن هذه اللعبة التى تقوم بها الفوتونات وأزواج الالكترون ـ بوزيترون ، مثل الكرة ، حيث تقذف بالطاقة بعضها البعض ، قد تستمر الى مالانهاية . ولكن لا ، فما أن تصل درجة حرارة النجم الى مئات الملايين من الدرجات حتى يحدث انعطاف فى حياته . ويتحول بعض الازواج الالكترون ـ البوزيترون لا الى فوتونات ، كما كان يحدث قبل ذلك . ولكن الى زوج النيوترينو و ضديده ، وتترك النجم . وبالاخلال بقواعد اللعبة تأخذ النيوترينو معها الطاقة التى أخذتها من ازواج الالكترون ـ بوزيترون . ولا يستطيع النجم بأى طريقة أن يعيدها ثانية ، فهذه الطاقة مفقودة الى الابد .

وكلما كانت درجة حرارة النجم أعلى، يزداد عدد النيوترينو المنبعث منه . ويقوم النيوترينو بدور النافذة المفتوحة على الطريق في غرفة حارة الجو . وكل فرد يعرف أنه لكي لا تبرد الغرفة عند فتح نافذتها يلزم وضع احطاب أكثر في المدفئة . ويفقد النجم بدرجة أشد الوقود الحراري النووي الموجود لديه .

ويفترض العلماء أنه في المائة عام الأخيرة من عمر النجم ، تفقد الطاقة، لا على شكل ضوء، ولكن على شكل نيوترينو. وتأتي اللحظة عندما يتضح أن الاحتياطي الطاقي للنجم قد « سرق » وليس لديه شيء يعوض به عن هذا الفقد، اذ أن وقود النجم — الايدروجين — قد « احترق » كاملا .

لكن النجم لا يبرد . فهو ينفق



طاقة جاذبية كتلته. ويبدأ ضغط سريع مدمر للنجم ـ انهيار . وفي خلال جزء من المائة من الثانية ينفث النجم كمية ضخمة من النيوترينو، اكثر بكثير من كل ما أخرجه خلال حياته كلها. وفي بعض الأحيان يحدث أثناء الانهيار ان ينفصل عن النجم جزء غير كبير من مادته و تتوسع بسرعة ضخمة . عندئذ يلاحظ الفلكيون وميض نجم فوق جديد هو وميض هذه السحابة. علاوة على ذلك توجد نجوم تنهار « بهدوء » دون أن يكون هناك « ألعاب نارية » .

ولو استطاع العلماء اكتشاف الومضات النيوترينوية عن النجوم الآخذة فى الانهيار ، فسنعرف ما الذى يحدث لها فى تلك اللحظة عندما تنتهى من تطورها .

ويمكن تسجيل الموجة النيوترينوية من النجم فوق الجديد ، اذا ومض فى مركز مجرتنا باستخدام عداد يحتوى على مئات الاطنان من السائل . ويكفى وضع عدة عدادات منها فى أماكن مختلفة من الكرة الأرضية ، ليصبح واضحا من أين أتت الموجة النيوترينوية و فقا لتتابع الاشارات النيوترينوية التى تسجلها .

وومضة النجم فوق الجديد فى مجرتنا ـ ظاهرة نادرة : اذ تحدث ومضة واحدة تقريبا كل ٣٠٠ سنة . ولكن توجد أيضا انهيارات « هادئة » ، ولو صح الافتراض عن وجودها ، فان الرياح النيوترينوية لا بد وأن تهب على الأرض مرة كل شهر تقريبا .

ما الذى سيحدث لو تقابل دفق النيوترينو النجمى الموجه والذى ينطلق بسرعة الضوء ، مع جسم كونى ما ؟ ان كتلة سكون النيوترينو تساوى الصفر . ولكن عند تحركها بسرعة الضوء تكتسب كتلة القصور الذاتى ، و معها حساسية تجاه تأثير مجال الجاذبية .

يجرى تركيز الحزمة المتوازية من الضوء ، الساقط على عدسة ضوئية فى نقطة معينة . وبنفس الصورة فان مجال الجاذبية للجسم الكونى الذى قابلته النيوترينو عفويا يمركز الدفق النيوترينوى . والمكان الذى تظهر فيه « الصورة » النيوترينوية للنجم تعتمد على قطر ، وكثافة الجسم الكونى فقط .

ويمكن أن تقوم الشمس بدور العدسة الجاذبية أيضا . فهى تركز الصورة النيوترينوية للنجم على بعد مائة مليار من الكيلومترات عن مركزها ، أى على بعد أكبر بمقدار عشرين مرة من نصف قطر مدار أبعد كوكب فى النظام الشمسى — بلوتو .

والعدسة — الأرض تمركز النيوترينو الشمسية عند دورانها حول الشمس ايضا . فالصورة النيوترينوية للشمس تنتقل فى اعقاب حركة الأرض فى الفضاء على بعد ألف مليار كيلومتر عن مركزها . وما علينا سوى ان نضع « فيلما حساسا » هناك ، للحصول على صورة النجم المرئى كما رأته عينا النيوترينو .

وللأسف لا يوجد فيلم حساس لمثل « آلة التصوير » الكونية هذه ، كما ولا توجد أيضا آلة التصوير نفسها . ولكن العالم السوفييتى لابيديس يفترض أنه يمكن باستخدام خواص التركيز

البؤرى للأجسام الكونية الضخمة ، «بناء» تليسكوب نيوتريني للبحث عن منابع الاشعاع النيوترينوى . وعلى سبيل المثال كالآتى :

سفينة فضاء كبيرة ، ثبت على متنها مكشاف نيوترينوى وتتم حمايته جيدا من الأشعة الكونية ، اطلقت الى مدار حول الشمس بنصف قطر يساوى البعد البؤرى النيوترينوى للشمس . وعند ازاحة السفينة على سطح كرة ذات نصف القطر هذا ، تتحسس أجهزتها أجزاء الفضاء الواقعة خلف الشمس . وما أن يظهر نجم على الخط الواصل بين سفينة الفضاء ومركز الشمس ، ويشع هذا النجم نيوترينو ، فان المكشاف سيسجل الزيادة الحادة فى تدفق هذه الجسيمات .

وقد تفيد فى هذا الغرض سفينة فضاء متحركة بانفجارات القنابل الهيدروجينية اشترك العالم دايسون فى تصميمها . وهو يعتقد أنه يمكن صنع سفينة ذات حمولة تبلغ عشرات ومئات الآلاف من الأطنان ، تستطيع بالذات مثل هذه السفينة حمل العداد النيوترينوى مع أجهزة الحماية واليوم يمكن بناؤها بالمستوى الحديث للعلم والتكنيك. ولكن تكاليف صنع هذه السفينة لا تزال كبيرة جدا بحيث أن اعظم الدول تقدما لا تستطيع بناءها .

أتراب الكون

نحن لا نعرف ما الذى يحدث على الشمس فى هذه اللحظة . وفقط بعد ثمانى دقائق تعلن الاشعة الشمسية أو النيوترينو الشمسية أن الشمس تعمل بصورة طبيعية .

وتصل الينا آخر اشارة من النجوم المنهارة فى مكان ما فى جزء من المجرة خلال آلاف عديدة من السنين بواسطة وميض قوى للموجة النيوترينوية أو « تشنج » مجال الجاذبية . ومهما كان طريق رواة هذه الأحداث البعيدة طويلا ، فاننا ستتعرف على صوت الكون المعروف الآن لنا .

وكيف كان الكون منذ مليارات السنين ؟ ان هذا السؤال يعتبر « عقدة العقد » بالنسبة لعلم الكونيات الذى يعتبر حسب اقوال الأكاديمى جينزبورج « من تلك الاتجاهات العلمية القليلة (هناك اتجاه آخر مماثل هو فيزياء الجسيمات الاولية) ، التى نصطدم فيها باسئلة مبدئية فى غاية العمق . وتمر هنا الحدود ما بين نور المعرفة والظلام المطلق للمجهول » .



في عام ١٩٢٩ اكتشف هابل أن المجرات تتفرق في جميع لاتجاهات بسرعة ثابتة كشظايا قنبلة منفجرة . ولو أننا أدرنا في أذهاننا بنفس هذه السرعة عكسيا ، احداث فيلم خيالي يعكس هذه الظاهرة ، فسيبدو أن عمر الكون من تلك اللحظة عندما كانت كثافته كبيرة الى مالانهاية حتى الوضع الحديث ، لكان عمرا وقورا — هو حوالى ١٠ مليارات سنة. ولكن كيف تكون « تاريخ » الكون؟

تعطينا الحفريات الأثرية امكانية تكوين فكرة عن الحضارات القديمة على الارض ومعرفة الأحداث التى جرت منذ ٣٠ ألف سنة مضت . ويحكى علم الحفريات عن اشكال الحياة الموغلة في القدم ، وعن تطور العالم العضوى باعادة بنائه من أجزاء الهياكل والمتحجرات . والآثار . ويبدو كما لوكان المختص في علم الحفريات يقوم برحلة في الزمن الى الوراء « طولها » مليار السنين .

ولكن عن اى حفريات يمكن ان نفكر عندما يدور الحديث عن فترة زمنية كبيرة تبلغ عشرة مليارات من السنين ؟ ولذلك بدأ لدى العلماء نقاش تأملى . فاعجبت البعض الفكرة التى تحدث عنها في الاربعينيات الفيزيائى — النظرى المشهور جاموف عن النموذج « الساخن » لتطور الكون . وافترض انه لوكان هناك زمن زادت فيه كثافة المادة على الطن الواحد في السنتيمتر المكعب ، لكانت درجة حرارتها عالية أيضا . بينما التزم البعض الآخر بفكرة النموذج « البارد » لتطور الكون .

كان النقاش لفترة طويلة غير مثمر ، اذ لم يستطع لا هذا الجانب ولا ذاك تقديم حقائق تجريبية . وفجأة وجد الاثبات الذى قوى كثيرا مركز انصار النموذج « الساخن » .

درس علماء الفيزياء الكونية منذ ٣٠ سنة مضت الخواص الضوئية لجزيئات السيانوجين فى غاز المجرة ما بين النجوم . وقد اكتشفوا عندئذ فى الفراغ الكونى شعاعا كهرومغناطيسيا يبلغ طول موجته ٠,٢٥ سنتيمتر . وكانت الموجات تأتى من الكون من كل الاتجاهات بشدة تزيد بمائة ألف مرة عن قدرة الاشعاع المناظر من كل المنابع السماوية المعروفة . اكتشفوا وتعجبوا ... وهذا كل ما فى الامر . والعجيب انه لم يحاول أحد منهم أن يوضح مصدر هذه الاشعاعات .

وفى عام ١٩٦٥ صنع الباحثان فى مختبر بيل ـ تليفون ، بينزياس وويلسون ، نظام اتصال بواسطة الأقمار الصناعية على موجة ٧,٣ سنتيمتر . ولضمان عمل الاجهزة بصورة طبيعية وجبت دراسة كل التشويشات على طول الموجة هذه . وعندما بدا لهم انهم استطاعوا القضاء على كل التشويشات اللاسلكية المحتملة واصلت الاجهزة ذات الدقة العالية جدا تسجيل اشعاع شديد جدا يأتى بانتظام من جميع الجهات. وهكذا ، وللمرة الثانية ، تم اكتشاف الاشعاع الحرارى المتبقى الكونى ـ شاهد السنين الماضية الموغلة فى القدم.

وما اكثر ما عانت هذه الموجات اللاسلكية منذ تلك السنوات السحيقة ! فلقد تشتت مرات كثيرة فى طريقها الى الارض على المادة

التى تقابلها متناسية اكثر فأكثر حالتها الابتدائية . وأخيرا ومع توسع الكون بردت الى درجة حرارة ٣ درجات مطلقة (كلفن) .

ولكن حتى هذه الاشعاعات ذات «الذاكرة» الضعيفة تعتبر لقية قيمة لدى العلماء . فطاقة كل كمة من هذه الاشعاعات الحرارية أقل بألفى مرة من طاقة كمات الضوء المرئى . ولكنها كثيرة لدرجة أنه يبلغ نصيب كل ذرة فى الكون ما يقرب من مائة مليون من الكمات المتبقية . وتتوفر لدى العلماء امكانية القيام بتجارب دقيقة للحصول على معلومات عن طبيعة توسع الكون .

ولكن هل هناك ما يمنع من معرفة الحال قبل ذلك ؟ كيف كان الكون فى الدقائق والثوانى الاولى من وجوده ؟

لقد منحت قوانين الميكانيكا و قانون « تبريد » كمات الاشعاع المتبقى للعلماء الامكانية لكى يقوموا برحلة فى اعماق الزمن لم يصل اليها حتى اكثر الابطال حماسا فى الروايات الخيالية .

لم يكن الكون قبل عشرة مليارات سنة مضت يشبه البتة ما نقصده بهذه الكلمة الآن . ففى ذلك الوقت لم تكن هناك بعد نجوم ولا مجرات . اذ كانت توجد فى ذلك الوقت فقط مادة ساخنة فوق كثيفة متكونة من جسيمات أولية منفصلة تشوبها الاشعة .

وعند توسع الكون انخفضت درجة حرارة هذه الاشعة بالتدريج ، وأخيرا أتت اللحظة عندما انعدم تأثيرها على المادة . وعندما ترك الاشعاع المتبقى نفسه لنفسه فى الفراغ الكونى ، « عاش » الى أيامنا هذه .

ولكن ليس هذا كل شيء . ففي « العصر الليبتوني » عندما كان يقدر عمر الكون بأجزاء من الثانية ، كانت تقوم بالدور الاساسي جسيمات خفيفة هي الليبتونات (ميوأونات ، الكترونات ، نيوترينو و ضديده) . ولكن التفاعلات مع هذه الجسيمات توقفت بسرعة وأصبحت النيوترينو حرة .

وكم من الاشياء المدهشة كان يمكن أن تبلغنا اياها هذه الاتراب « الحية » للكون الفتي جدا ! ولكانت النيوترينو المتبقية تستطيع مساعدة العلماء في اعادة بناء صورة العالم المولود حديثا . ويتمتع هؤلاء الشهود بـ « ذاكرة » قوية عجيبة نظرا للتأثير المتبادل الضعيف مع المادة . ولو تسنى تسجيلها ، لاتاح ذلك ان تحل نهائيا قضية الظروف التي كانت سائدة في الكون في الثواني والدقائق الاولى لنشوئه .

يقول الاكاديمي زيلدوفتش : « ان البحث عن النيوترينو المتبقية ، مهما كان صعبا ومعقدا ـ فانه عظيم الاهمية لحل قضية المراحل الاولى للتوسع الكوني . والواقع ان قياس النيوترينو المتبقية سيكون « تجربة القرن » » .

ضديدات العوالم ؟

متى ظهرت هذه الكلمة ؟ مما لاشك فيه أن الشاعر أندريه فوزنيسنسكي لم يكن أول انسان استخدم هذه الكلمة . الا أنه بفضله

توفرت لدينا امكانية قراءة كلمة « ضديدات العوالم » فى صيغة تأكيدية وبحروف كبيرة مطبوعة على اعلانات احد مسارح مدينة موسكو .

ولكن مع هذا من الذى قال الكلمة الاولى فى هذا المجال ؟ فلتعيروا اهتمامكم الى هذا المنشأ المنطقى لهذه الكلمة : « ضديد الجسيم — ضديد المادة — ضديد العالم » . واضح أن الكلمة الاولى تعود للفيزيائيين الذين اكتشفوا ضديدات الجسيمات . فى أول الامر البوزيترون ثم ضديد البروتون وغيرهما .

ولقد حصل العلماء لأول مرة فى نوفوسيبيرسك على « قطعة » من ضديد المادة — حزمة من البوزيترونات بقيت عدة ساعات . قال الاكاديمى بودكر مدير معهد نوفوسيبيرسك للفيزياء النووية : « لقد كان ذلك شيئا حقيقيا تقريبا . ويمكن ان يتحسسه ليس فقط الفيزيائيون و انما أى انسان آخر . فلتتفضلوا ولتروا ... هذا هو ضوء ضديدات الجسيمات ! » .

ولكن ضديدات الجسيمات ليست هى ضديد — المادة . و تتكون المادة العادية من نوى ذريه والكترونات . وكل مكونات ضديد المادة — ضديدات البروتونات ، وضديدات النيوترونات والبوزيترونات — كانت قد اكتشفت بالتجربة . وبقى مطروحا السؤال التالى : هل تستطيع القوى النووية « لصق » ضديدات الجسيمات فى ضديد النوى ؟

ولم يكن لدى النظريين فى هذا الصدد أى شك . فقد قالت معادلاتهم أنه بالاضافة لضديدات الجسيمات يجب ان يوجد أيضا ضديدات النوى المتكونة من ضديدات البروتونات ، و ضديدات النيوترونات . ولم يعرقل أى شيء تخيل ضديد العالم الذى كانت تكون فيه كل العناصر الكيميائية ضديدات عناصر ولملأت « ضديد جدول » مندلييف . أما من حيث غناه بالمركبات الكيميائية فان هذا العالم لم يختلف فى شيء عن عالمنا .

وامكن للتجريبيين فى المعجل الذى تبلغ طاقته ٣٠ ميجا ـ الكترون ـ فولت فى بروك هيفين فى الولايات المتحدة الأمريكية ، تحقيق أمنية النظريين . فقد سجلت الأجهزة مولد ضديدات نوى الديتوريوم ـ النظير الثقيل المشع للايدروجين . واتحد ضديد البروتون و ضديد النيوترون فى ضديد النواة !

ان العنصر التالى فى الجدول الدورى هو الهيليوم . وماذا لو أن ضديدات الجسيمات لا تستطيع صنع نوى أثقل من الديتوريوم ؟ لتوضيح هذه المسألة يلزم وجود معجل ذى طاقة ٧٠ ميجا ـ الكترون ـ فولت .

بدأت مجموعة كبيرة من العلماء تحت اشراف بروكوشكين العضو المراسل لاكاديمية العلوم السوفييتية تجربة للبحث عن ضديد نواة الهيليوم فى معجل سيربوخوف . وبتحليل أكثر من ٢٠٠ مليار جسيم تعرف العلماء من وسطها على خمس نوى لضديد الهيليوم .

لقد أوضح تعقد المسألة التى حلها الفيزيائيون الاكاديمى لوجونوف مدير معهد فيزيا' الطاقات العالية : « لو أردنا أن نصور بيانيا العدد الكلى للجسيمات المارة خلال الجهاز بالنسبة لنوى ضديد الهيليوم التى سجلت ، ومثلنا على المنحنى عدد نوى ضديد الهيليوم بجزء من مستقيم طوله ملليمتر واحد ، فان عدد الجسيمات الاخرى يجب أن يصور بجزء مستقيم مساو لطول خط الاستوا' فى الارض » .

ويؤكد اكتشاف نوى ضديد الهيليوم نظرية وجود ضديد المادة . ووجود ضديد المادة يمكن أن يكون ذا قيمة عظيمة لتفهم تطور الكون و العمليات التى تحدث فيه .

وعندما تتصادم الجسيمات و ضديداتها فانها تفنى — « تنفجر » مولدة طاقة ضخمة . وبسبب هذا التفاعل لا يمكن لضديد المادة أن يوجد مع المادة . ولذلك فالفرضية عن وجود « ضديدات العوالم » يستخدمها الفيزيائيون الكونيون لشرح ما لوحظ فى الكون من منابع ذات قدرة عالية على الاشعاع .

ان الجسيمات الاولية والاشعاع هما السلفان المشتركان لكل النجوم والمجرات . ولو حاولنا حل قضايا علم الكونيات على اساس معرفة الجسيمات الاولية التى حصل عليها العلما' بواسطة المعجلات ، فيجب قبل كل شىء تذكر قانون المحافظة على العدد الباريونى . فهذا القانون يعنى أن البروتونات والنيوترونات تولد دائما كأزواج مع ضديداتها . وبقول آخر فالمادة تولد دائما فى نفس نقطة الفراغ

وبنفس الكميات مثل ضديد المادة . ولذلك فمن الطبيعى جدا افتراض ان البلازما « البدائية » كانت تتكون من عدد متساو من الجسيمات وضديداتها .

لقد تأكد العلماء منذ القدم . أن النظام الشمسى يتكون فقط من المادة . وبالاضافة الى ذلك لو أن المادة وضديدها كانا مختلطين فى حدود مجرتنا لسجلت الأجهزة على الأرض باستمرار اشعاع فنائهما القوى ، ولكن هذا الاشعاع غير موجود .

هل يوجد ضديد المادة فى الكون ؟

الاجابات التى يمكن سماعها اليوم متعارضة تماما . فيقول البعض « لا يوجد ضديد للمادة ، ان هذا موضوع مناقشة الشعراء الخياليين المتحمسين » . فهم يعتبرون أن الكون فى أول لحظات حياته كان غير متماثل . فقد كانت المادة فيه أكثر من ضديدات المادة .

بينما يؤكد آخرون ان : « ضديدات المادة فى الكون يمكن أن تكون بنفس المقدار الذى توجد به المادة اذ انه لا يوجد دليل على عدم وجودها » .

ولنسأل سؤالا آخر : لو وجدت ضديدات المادة فى الكون فأين توجد ؟ ولماذا لا تظهر نفسها بأية طريقة ؟

يقول العالمان السويديان المشهوران آلفين وكلين أن المادة وضديدها قد قسمتا تحت تأثير المجال الكهرومغناطيسى فى

المراحل الاولى لتطور الكون . ولذلك فمن الممكن أن كل نجم ثان أو مجرة ثانية تتكون من ضديد المادة .

كتب الاستاذ آلفين عضو الشرف فى أكاديمية العلوم السوفييتية فى كتابه « العوالم وضديدات العوالم » : « غريب أنه يسهل تصديق أن مجرة ما بعيدة تتكون من ضديدات المادة . اذ لكان شيئا غير مريح وجود جار خطير من ضديد النجم . ولكن التحليل يؤدى بنا الى استنتاج معاكس ، وهو أنه من الأصعب بكثير تعليل تقسيم المادة على نطاق المجرات ، منه بمقاييس المناطق الصغيرة نسبيا داخل كل مجرة » .

اثبت اكتشاف الاشعاع الحرارى المتبقى صحة النموذج « الساخن » لتطور الكون . ولكن عند ذلك ظل السؤال عن ضديد المادة صعبا كما كان فى الماضى . ولم يثبت بما فيه الكفاية ميكانيزم تقسيم شكلى المادة فى المرحلة الاولى .

ومنذ عدة سنوات مضت فقط ، اقترح العالم الفرنسى أومنيه فرضية مبتكرة لتقسيم المادة وضديد المادة فى اطار النموذج « الساخن » بالذات . فان سلوك البروتونات و ضديدات البروتونات التى درست جيدا فى المختبرات على المعجلات ، أوحى له بفكرة ميكانيزم التقسيم الذى يذكر بتكوين خلايا السائل فى البخار فوق المشبع . وزيادة على ذلك ، فلو أنه اتضح أن خواص هذه الجسيمات خواص مغايرة ، لما أمكن تفسير التقسيم .

فخلال زمن أقل من ١٠ ° ثانية يتكون من البلازما الاولية المتجانسة شيء مثل « المستحلب » من اجزاء منفصلة من الفراغ ، مملوءة بالجسيمات وضديدات الجسيمات . وبعد ذلك — كما هو الحال في نظرية آلفين و كلين — فان الاجزاء الواحدة تندمج عند تصادمها ، أما الاجزاء المتعاكسة بالنسبة للشحنة الباريونية فانها تبتعد كل واحد عن الآخر نظرا لضغط اشعاع الفناء . وهكذا بالتدريج تنفصل على مسافات كبيرة بالنسبة للمقاييس الكونية .

وتستمر المناقشات النظرية ما بين أنصار التماثل الشحني ، وعدم التماثل الشحني للكون . ولكن التجربة ستعطي الحل الأخير بالطبع .

هل يختلف الضوء الآتي من النجمة أو ضديد النجمة ؟ كيف يمكن اكتشاف الاختلاف ما بين العالم وضديد العالم ؟ ليس من المستبعد أن يظهر أمام أعين علماء الفلك ضديد المجرة عن لولبه و « أكمامه » وتتألق ضديدات النجوم . ولكن الاشعاع الكهرومغناطيسي للمادة وضديدها « بالنسبة للعين » واحد تماما ، ولا يمكن التفريق بينهما . ولكن هل اختبر كل هذا بالتجربة ؟

حتى الآن لا . ولكن ها هي ذي آمال الاكاديمي بودكر : « نحن نريد أن نجرب في المختبر لا تكوين ضديدات الجسيمات فقط ولكن ضديدات الذرات أيضا . ونرجو الحصول على سيل ملحوظ بما فيه الكفاية من ضديد الايدروجين ، الذي يستطيع أن



يحرق قطعة من الورق مثلا ، بحيث أنه ستمكن دراسة خواص ضديد الايدروجين . وعلى الخصوص ، دراسة طيفه . ويتجادل علماء الفيزياء الكونية الآن فيما اذا يوجد فى الكون ضديدات المجرات ، وهل تتساوى المادة وضديدها ؟ وقد تصبح تجاربنا « حكما » فى هذا الجدال « .

يمكن حل هذا الجدال من حيث المبدأ بواسطة النيوترينو . فالنجمة من ضديد المادة ، أو ضديد المجرة ، لا بد وأن تشع بدلا من النيوترينو دفقات ضديد النيوترينو . ومن المحتمل جدا أن تصل الى سطح الأرض . الا أن علم الفلك النيوتريني عاجز هنا ؛ اذ لا يستطيع المساعدة . فحتى أكثر النجوم بريقا من نوع سيريوس يصل منها الى الارض

نيوترينو واحد أو ضديده على السنتيمتر المربع الواحد فى الثانية.

ومن الاكثر واقعية ، محاولة اكتشاف ضديد المادة فى الكون بدراسة الأشعة الكونية التى تظهر خارج حدود النظام الشمسى . ويمكن اعتبار أن ضديدات الجسيمات المنفصلة تستطيع أن تظهر عند تصادم الجسيمات الكونية ذات الطاقة الكبيرة مع الغاز الموجود بين النجوم . ولكن احتمال تكوين ضديدات نوى معقدة يساوى الصفر عمليا . واذا ما اكتشفت رغم هذا، فسيكون قد ثبتت حقيقة وجود ضديدات العوالم البعيدة ، التى تصل منها ضديدات النوى الجاهزة .

وحتى الآن لم تكتشف لا ضديدات البروتونات ولا ضديدات النوى فى الأشعة الكونية . ولكن دقة التجارب تزداد بمرور الزمن ، ومن الممكن أنه سيأتى حين يستطيع فيه العلماء فك رموز المعلومات الموجودة فى الاشعة الكونية عن ضديد المادة فى الكون .

وقد اورد الأكاديمى كونستانتينوف فى الستينيات فرضية تفيد أنه اذا كانت ضديدات العوالم موجودة فيجب أن تصل الى الارض أجسام من ضديد المادة كبيرة بما فيه الكفاية .

ويعرف علماء الفلك ، أنه ليست كل المذنبات والنيازك تتحرك بمدارات على شكل قطع ناقص ، وكما يقال ، « منسوبة » الى النظام الشمسى . اذ يصل بعضها الينا من مناطق شديدة البعد فى المجرة . ثم انها اما تحترق بعد ذلك فى الغلاف الجوى للأرض ،

واما تختفى نهائيا فى الفراغ الواسع للكون . الا يوجد بينها رسل ضديدات عوالم ؟

ويعرف الجميع جيدا تاريخ نيزك تونجوسكا . فقد انفجر فى عام ١٩٠٨ فى منطقة بودكامينايا تونجوسكا على ارتفاع ٥ ــ ١٠ كيلومترات فوق سطح الأرض . وكانت قوة الانفجار ضخمة اذ بلغت حوالى ١٠^٢٤ ارج . وهناك كثير من الروايات عن هذا الحدث ، حتى الفرضية الشاعرية عن انفجار سفينة فضاء تقل مخلوقات من حضارة ما خارج الأرض . ولكن يوجد افتراض آخر أكثر طبيعية ، وأكثر احتمالا ، وليس أقل اثارة . فقد يكون نيزك تونجوسكا ــ هو جزء من ضديد المادة ، وقع عفوا فى المحيط الجوى للأرض ؟

ان حدوث الانفجار المماثل لانفجار القنبلة الذرية أو الايدروجينية فى الجو ، يتطلب ظروفا معينة لا يستطيع أن يوفرها سوى كائن عاقل فقط . وأما بالنسبة لانفجار الفناء فيلزم فقط وجود ضديد المادة نفسه .

وعند حدوث مثل هذا الانفجار فى المحيط الجوى ترتفع كمية نوى الكربون ذى الفاعلية الاشعاعية . ويمكن أن تشير الى ذلك الأشجار التى امتصت الكربون فى ايام نيزك تونجوسكا فقط . وللأسف لم يلحظ حتى الآن عند دراسة الفاعلية الاشعاعية للطبقات السنوية للأشجار القديمة ، التى ترجع الى عام ١٩٠٩ ، ارتفاع النظير المشع الكربون ــ ١٤ إلا بمقدار واحد فى المائة فقط بالنسبة

لمتوسط قيمته خلال أربعين سنة . وهذا الرقم لا يتجاوز حدود دقة القياسات .

ولم تثبت النتائج التى حصل عليها الفرضية عن ضديد النيزك ولكنها لم تدحضها أيضا نهائيا . وكما يقول العلماء ، فان السؤال لا يزال قائما .

وقد يساعدنا القمر ، الذى أصبح الآن موضوعا مباشرا للابحاث التجريبية للعلماء السوفييت والامريكان ، فى حل مشكلة وجود المادة وضديد المادة فى الطبيعة . ولا يوجد مجال جوى للقمر ولو أن ضديدات النيازك قد وقعت على سطحة فى وقت ما ، فكان يجب عند الفناء أن تترك بقعا مشعة تحتوى على نسبة عالية من العنصر الذى يعيش طويلا كالالومنيوم ـ ٢٦ .

ولقد استرعت المذنبات بوجه خاص اهتمام الأكاديمى كونستانتينوف . فانها من الأجسام الكونية غير العادية التى رغم حجومها الصغيرة ، فى حدود عشرة كيلومترات ، يكون لها ذيل طويل يمتد لمئات الكيلومترات . ويفسر هذا عادة بأن المذنب يتكون من كتل ثلجية . وقد تكون بعض المذنبات ـ هى عبارة عن ضديدات كويكبات سقطت فى النظام الشمسى من ضديد العالم ؟

وقد ولد هذا الافتراض طريقة أخرى للبحث عن ضديد المادة . اذ تنهى المذنبات حياتها بتحولها الى دفقات نيزكية . ولكن عند

تقابل النيازك من ضديدات المادة ، مع المجال الجوى للارض لابد وأن تفنى ولا بد أن تظهر كمات ــ جاما ذات طاقة معينة .

وتقوم مجموعة من علماء المعهد الفيزيائى ــ التكنيكى بلينينجراد تحت اشراف الأستاذ بريدوف منذ عدة سنوات بالبحث التجريبى لمشكلة تماثل المادة ، وضديد المادة فى الطبيعة . يقوم العلماء باستخدام طريقة الاستدلال باللاسلكى بتسجيل لحظة دخول النيزك الى المجال الجوى ، وفى نفس الوقت بمراقبة ازدياد شدة الاشعاع المميز للفناء . وذلك باستعمال اجهزة خاصة .

وتمت خلال أربع سنوات دراسة جميع التدفقات النيزكية الاساسية . واتضح أن النتائج مشجعة . فقد صحب دخول النيازك فى المحيط الجوى زيادة فى الاشعاع المميز .

كما تمت أيضا تجارب أخرى . فقد وضعت على متن قمر اصطناعى اجهزة لتسجيل كمات ــ جاما ذات طاقة محددة بدقة ، وظهرت عند تقابل الالكترونات والبوزيترونات . وقد ثبت أن عدد كمات ــ جاما يتغير تبعا للنشاط النيزكى .

ويبدو انه قد ثبت حدوث زيادة شدة الاشعاع المكتشفة بطريقتين مختلفتين .

يقول الأستاذ م . بريدوف « ان السؤال عن تماثل الكون قد اكتسب الآن حدة ، ليس فقط فى مجال المناقشات النظرية ، ولكن فى المجال التجريبى الصرف ، نظرا لأن الحقائق بدت وكأنها

تشهد لصالح افتراضنا . ولكن لن نجازف بقول « نعم » بحزم حيث يوجد الكثير مما هو غير واضح . وما تزال توجد صعوبات كثيرة . فالمسألة قابلة للنقاش الحاد وقد يكون هذا بالذات هو سبب اثارتها الشديدة » .

فى ملتقى الطرق الكونية

ظهر عالم النجوم الذى كان يراقبه الفلكيون فى الماضى خلال نافذة ضيقة من الضوء المرئى كما لو أنه قد توقف الى الأبد . وقلما كانت الحياة فى الكون تعانى من التغيرات الا عند حدوث الومضات للنجوم فوق الجديدة .

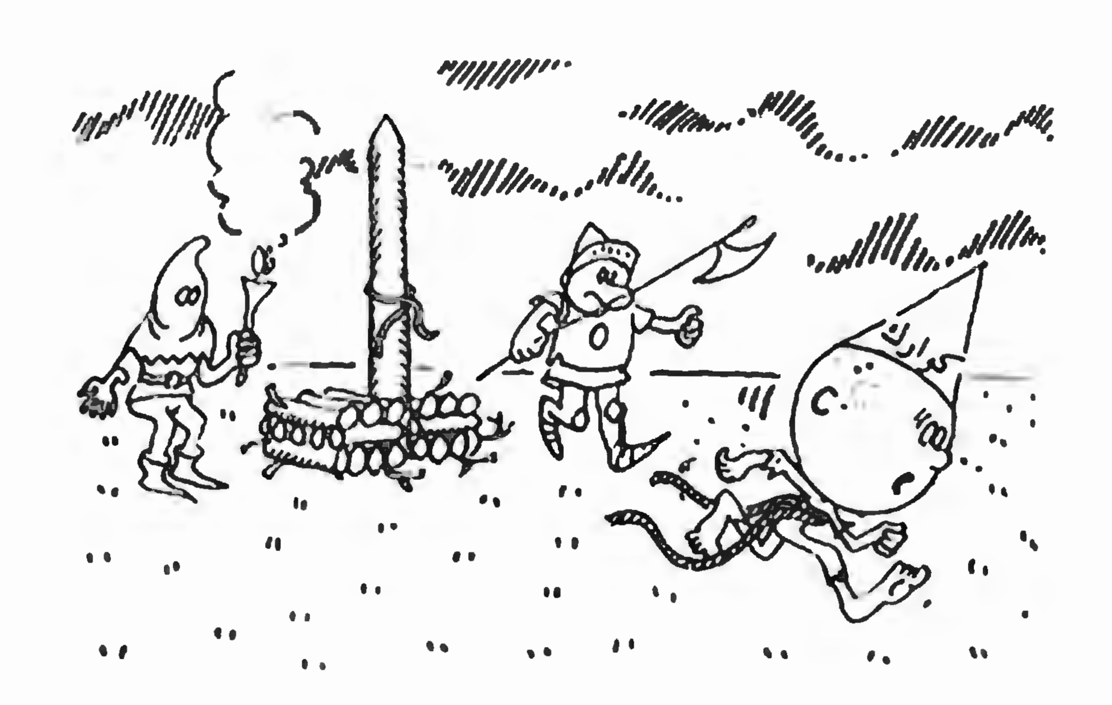
اما الآن فان الموجات اللاسلكية ، واشعة رونتجن ، والأشعة تحت الحمراء ، وكمات ـ جاما قد أظهرت لنا كونا جديدا تماما . ودبت الحياة فى الصور الثابتة ويرى الفلكيون الفيزيائيون باستمرار فيلما مثيرا عن الحياة العاصفة وراء المجرة .

وتجرى الأحداث بشكل عاصف حتى فى المقاييس الزمنية الارضية. وبينما تستمر ومضات النجوم فوق الجديدة ما يقرب من مائة يوم فان فترة اشعاع أسرع منبع نبضى هى ٠,٠٣٣ من الثانية فقط ! وتحمى النجوم ، وتبرد ، وتتكثف، وترمى فى الفراغ الكونى برواسب الجسيمات الاولية . وتتولد تجمعات نجمية ، وتتشتت طاقة ضخمة للكوازارات والنجوم المتفجرة .

كتب الشاعر مارتينوف فى قصيدة « هارمونيا المجالات » : « يقال ، أن كل البناء الكونى ـ عبارة عن انفجار مستمر لم ينته بعد » .

وبدراسة أعماق المادة ، اكتشف الفيزيائيون عالم الجسيمات الاولية التى يؤكد النموذج « الساخن » ان الكون الحديث العهد كان يشبه جدا خليطا منها مفرط الكثافة والسخونة . والآن ألا يمكن بواسطة هذا النموذج ان نحل بعض قضايا فيزياء الجسيمات الاولية ؟

لقد اخترع النظريون الكواركات ، أما التجريبيون فلا يستطيعون العثور عليها . ويحتاج تماثل معادلات ماكسويل، وتماثل كهروديناميكا الكم كثيرا الى مونوبولات ديراك ، ولكن لم يرها أحد حتى الآن . وعاد خالى اليدين صيادو الكواركات، وأولئك الذين انطلقوا لمطاردة



المونوبولات المغناطيسية . اذ أنهم لم يجدوها لا فى الاشعة الكونية ، ولا فى قاع المحيطات ، ولا على صخور الجبال . لماذا ؟

بالطبع يمكن الاجابة : لأنه ليس هناك كواركات ولا مونوبولات . ولكن ماذا لو أنها كانت موجودة مع ذلك ؟ فهل يمكن القول ولو بصورة تقريبية كم عددها فى الطبيعة ؟ مثلا الكواركات ؟

لقد حاول الفيزيائيون النظريون السوفييت ، زيلدوفتش ، وأوكون ، وبيكيلنير تتبع مصير الكواركات المتبقية الحرة ، كما لو كانت جسيمات موجودة حقيقة . انطلاقا من النموذج « الساخن » للكون .

وفى البداية عندما كانت درجة حرارة الاشعاع كبيرة جدا ، تولدت أزواج أى من الجسيمات بما فى ذلك الكواركات . ولكن الكثافة الضخمة للمادة « ضغطت » عمرها الى لحظات صغيرة جدا . فما أن تولد حتى يفنى كل منها مع الآخر ، وتختفى متحولة لى اشعة .

ويبدو ان الكواركات باعتبارها من اثقل الجسيمات ، كانت أول من أحس بتغير مناخ الكون . اذ انخفضت درجة حرارة الكون ، ونشأت ظروف مناظرة لظروف المعجلات الحديثة ، حيث لا تكفى الطاقة لميلاد الكواركات . وتوسع الكون ، وقلت كثافة مادته . وصار من الصعب على الكواركات ، وضديدات الكواركات أن تجد بعضها البعض ، وتوقفت عمليات فنائها .

كانت الكواركات ، التى انقذت من « الاحتراق » ، تستطيع أن « تعيش » حتى أيامنا هذه . ولكن عددها يتوقف على تاريخ تطور مناطق الكون القريبة منا . فاذا كانت مناطق شديدة السخونة ، فلا بد وان تقضى عمليات الفناء على عدد كبير من الكواركات . وهذا الوضع يجعل الاجابة غير محددة بعض الشيء . ولكن الاستنتاج عن أنه يمكن أن يوجد فى الطبيعة فقط 10^{-10} ـ 10^{-13} من الكواركات لكل نيوكلون ، قد اعطى الفرصة « لصائدى » هذه الجسيمات الغريبة لكى يتنفسوا الصعداء .

وما الذى تستطيع قوله نظرية تطور الكون عن وجود مونوبولات ديراك فى الطبيعة ؟

لقد قدر العلماء فى حدود النموذج « الساخن » للكون امكانية تركيز الشحنات المغناطيسية « المتبقية » . وكما هو الحال مع الكواركات . ففى لحظة ما من تطور الكون توقف فناء المونوبولات ، وضديدات المونوبولات نظرا لكثافتها القليلة . ولكن اى قسم من هذه الجسيمات قدّر له البقاء حتى أيامنا هذه ؟ والاجابة على ذلك غير شافية : 10^{-13} جسيم لكل سنتيمتر مربع فى الثانية . وليس من السهل اكتشاف الجسيمات الموجودة فى الطبيعة بمثل هذه الكمية الضئيلة . وبهذا الاستنتاج ادخل علم دراسة الكون بعض الهدوء الى نفوس الفيزيائيين التجريبيين ، مبررا النتيجة السلبية التى حصلوا عليها .

ان المنجزات التى توصل اليها علم دراسة الكون تظهر لنا الحياة فى الكون بطريقة أخرى . فقد ترك « الفراغ » الكونى المزعوم مكانه للاحساس بضيق المكان . اذ يصيب السنتيمتر المكعب الواحد اربعمائة كمة حرارية متبقية .

وعلى اغلب الظن يتم فى ملتقى الطرق الكونية غير المرئية بالنسبة لنا ، التقاء دفقات الجسيمات الاولية المقذوفة بواسطة النجوم مع « الرهبان المتجولين الى الابد » ، مع الكمات المتبقية الحرارية ، والنيوترينو التى تملأ آفاق الكون . والآن الا يمكن القول ان « الاحتكاك » ما بين الجسيمات الكونية والكمات المتبقية هو الذى يجعل الطاقة القصوى للاشعة الكونية التى تصل الى المحيط الجوى للأرض لا تزيد عن 10^{19} — 10^{20} الكترون — فولت ؟

قال الاكاديمى امبارتسوميان : « ان مشكلات الكون الكبير ترتبط بشكل وثيق بمسائل نظرية الجسيمات الاولية . كيف تتصرف الجسيمات ذات الطاقات فوق العالية عندما تمر خلال المادة المخلخلة ما بين النجوم والمجالات المغناطيسية الكونية ؟ هل توجد ضديدات الجسيمات فى الاشعة الكونية ، وما هى كميتها ؟ ما هو نوع الجسيمات الاولية التى تعتبر الحامل الرئيسى لتلك الطاقة الضخمة المركزة فى المجرات الاشعاعية ، والتى تشعها بالتدريج على هيئة موجات لاسلكية ؟ ومن الطبيعى ان يربط كثير من الفلكيين الفيزيائيين

ما بين امكانية الحل النظرى لمشكلة نشأة النجوم ، والمجرات ، وبين النجاحات القادمة لفيزياء الجسيمات الأولية » .

الكون الصغير

فى نهاية القرن السادس عشر طرحت لأول مرة مهمة تكوين صورة موحدة للعالم . ولقد حاول ايوهان كيبلر ان يوحد فى مفهوم « الكون » مجالين من المناطق التى لا تتقاطع ، كما كان يبدو وقتئذ ، وهما مجال الارض ومجال السماء . وها هو رد الفعل الانفعالى للشاعر الانجليزى جون دون احد معاصرى كيبلر :

من خطوط الطول والعرض
نسج الانسان شباكا وألقاها
على السموات ، واضحت الآن ملكا له .

هذا ما كتبه فى عام ١٦١١ فى قصيدته « علم تشريح العالم » .

ولقد تم عمل الكثير منذ ذلك الوقت ، وحدثت تغيرات كثيرة فى العالم . وانقسم جيش العلماء ـ الأخصائيين فى العلوم الطبيعية الى مجموعات مختلفة . فبعضهم ذهب يبحث تكوين المادة بتعمق ، واتجه الآخرون الى التغلغل فى خفايا الكون . وبدا أنهم يسيرون فى اتجاهات متضادة ، وأنه غدت العلاقة ما بين تكوين الفراغ الذى درس من مسافة قدرها ١٠^-١٥ سنتيمتر ، والعمليات التى تحدث

في حدود الكون المرئي البعيد على مسافة قدرها ١٠^٢٨ سنتيمتر ، أقل وضوحا .

غير أنه في الواقع أصبحت فكرة الوحدة المادية للعالم أوضح بكثير الآن من أي وقت مضى ، وتوحد تفهمنا لما هو فوق الكبير ، وما هو فوق الصغير . فكل الافكار عن الكون الكبير يرتكز على نفس المبادئ التي تخضع لها قوانين عالم الجسيمات الدقيقة .

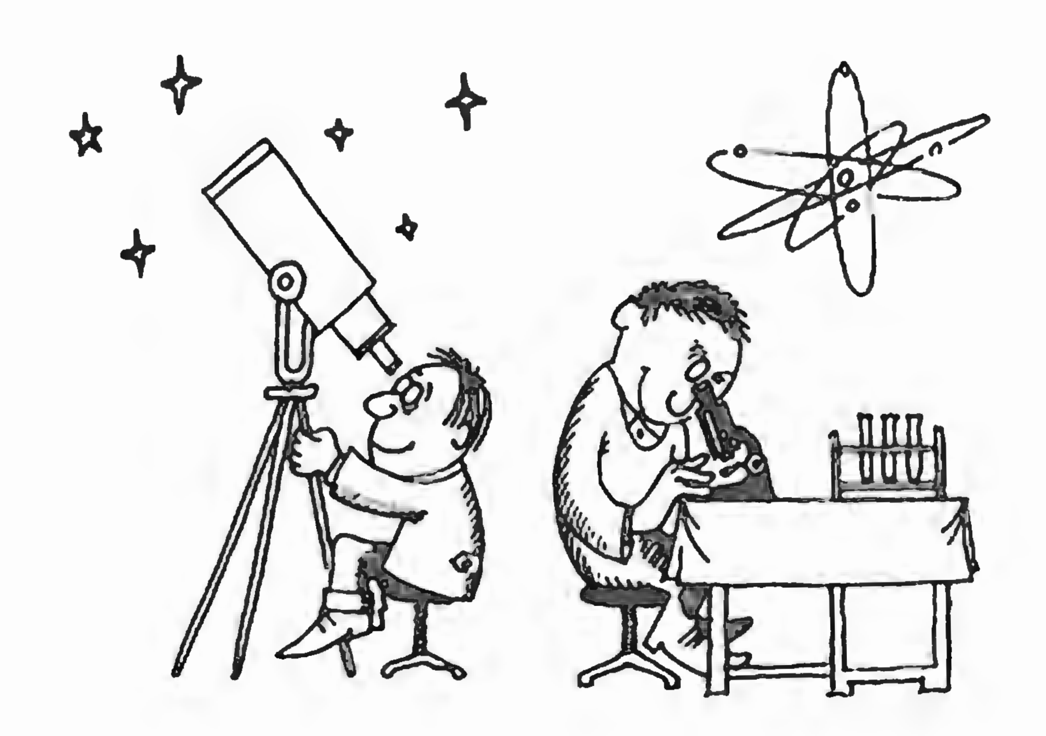
كتب الاكاديمي جينزبورج :

« على الرغم من روعة الاكتشافات الفلكية الأخيرة الا أنها لم تخرجنا بعد عن حدود الافكار والقوانين الفيزيائية المعروفة » .

فما الذي ينتظره فيزيائيو الجسيمات الاولية من علماء الطبيعة الفلكية والفلكيين ؟

ان مجموع المعارف المتجمعة عن عالم الجسيمات الدقيقة حتى يومنا هذا لا يستطيع أن ينير ظلام المجهول ، وما الذي تخفيه عنا اللحظات الاولى لنشوء الكون . وقوانين الطبيعة المعروفة لنا تصبح عديمة المفعول عند كثافات تزيد عن ١٠^٩٣ جم/سم^٣ . ولكنه قد تختفي في هذه « الظروف الابتدائية » التي كانت سائدة في الكون بالذات خبايا علاقات جديدة غير معروفة حتى الآن ، وتؤثر في عالم الجسيمات الاولية ؟

قال ف . دايسون « في مثل هذه الحالة نحن لا نستطيع أن ننتظر اى ايضاح نهائي في فيزياء الجسيمات الاولية ما لم يحصل



بطريق الملاحظة على اجابة عن الاسئلة الهامة والغامضة تماما لعلم الكونيات » .

قضت التأثيرات المتبادلة الضعيفة للجسيمات الأولية على مبادىء التماثل الشحنى والفراغى . الا يرتبط هذا بلا تماثل عالم الاجسام الكبيرة ؟ أو ربما بعدم وجود ضديدات المادة فى الكون ؟ ومرة أخرى تكمن الاجابة ، على ما يبدو ، فى « الشروط الابتدائية » لحياة الكون . ومن هنا بالذات بدأ « سهم الزمن » طيرانه المستمر الذى يحاولون اكتشافه الآن فى عالم الجسيمات الدقيقة .

ماذا عن قضايا الجاذبية ؟ لقد اقتربت فيزياء الجسيمات الاولية كثيرا جدا من ضرورة ان يؤخذ بعين الاعتبار دور التأثير المتبادل للجاذبية عند تكوين نظرية الجسيمات الاولية . ويعكف

الاكاديمى ماركوف فى السنوات الاخيرة على وضع نموذج للجسيمات الاولية يتحدد تركيبه بالتأثير المتبادل لجاذبية الاجسام الكبيرة ذات المقاييس الكونية . وسمى ماركوف نموذجه باسم الفيزيائى النظرى السوفييتى فريدمان الذى اكتشف نتائج جديدة لعلم الكونيات فى النظرية النسبية ، فدعاه — فريدمون . ونظرية فريدمونات ماركوف هى أول محاولة لتكوين نموذج ممتد للجسيم الاولى ، لا يقوم على أساس ميكانيكا الكم ، ولكن فى اطار المدخل الكونى .

يقول الاكاديمى ماركوف : « ان نظرية الفريدمونات تسمح بدراسة الأكوان كجسيمات أولية ودراسة الجسيمات الاولية كأكوان ، والتى اذا ما تطابقت من الخارج فان بنيتها الداخلية قد تكون شديدة الاختلاف » .

وتبدو هذه السطور كأنها مأخوذة من رواية علمية خيالية وليس من مقالة لعالم معروف فى كل العالم .

ويضيف ماركوف : « ان نفس امكانية هذا التوحيد للخواص المتضادة ... خواص ما فوق الحجم الكبير وما تحت الحجم الصغير لا تقل عجبا عن توحيد خواص الجسيم والموجة فى شىء واحد » .

وتعطى نظرية ماركوف امكانية مدهشة لتطور نظرتنا عن العالم وبناء المادة .

وما الذى ينتظرنا فى هذا الصدد ، على سبيل المثال ، فى نظرية مجال الكم الموحدة التى يطورها الآن هايزنبيرج ؟ فالجوهر النهائى

22°

نكل المادة – « المادة الأم » تتمثل بالنسبة له على شكل مجال موحد . يقول هايزنبيرج : « وكنتيجة لاتمام نظريتى ستقوم الفيزياء بالأبحاث لا فى العمق ولكن فى العرض » .

ولكن ما الذى يعطيه المدخل الآخر لبناء المادة المتعلق بتطور المفهوم التقليدى لـ « تتكون من ... » ؟

فظهور الفكرة عن أن البى – ميزونات يمكن أن تتكون من نيوكلونات وضديدات النيوكلونات . أما النيوكلونات فتتكون من كواركات ، أى الفكرة عن أن الجسيمات الاولية يمكن أن تتكون من جسيمات أخرى أكثر ثقلا بكثير ، يمكن ان تعتبر ، كما يقول الاكاديمى ماركوف ، « من ألمع الاحداث ، وأكثرها اهمية على مدار كل تاريخ السنوات الألف لوجود المفاهيم عن المادة » .

ولكن هل يمكن تطابق الشكل الكواركى للمادة مع شكل المادة الأول ؟ أو يلزم القول بأن الكواركات بدورها تتكون من جسيمات أكثر ثقلا ؟ وعندئذ هل ستكون كتلة « أكثر الجسيمات أولية » لانهائية ؟

يقول ماركوف : « ان الفيزياء الحديثة تعطى امكانية توضيح ما يحتويه المفهوم « يتكون من .. » بطريقة جديدة . فالكون ككل يمكن أن يكون جسيما ميكروسكوبيا ، والجسيم الميكروسكوبى يمكن أن يحتوى على كون كامل . ويمكن للجسيم الاولى أن يتكون من عدد ضخم من الجسيمات ، وبشكل عام ، من جميع أنواع الجسيمات ؛ وفى هذا الاتجاه لا توجد مادة أولية ، وتبدو درجات

تطور الأشكال المختلفة اللانهائية للمادة كما لو كانت منغلقة على نفسها .

ان فرضية ماركوف اثبات رائع لفكرة العالم السوفييتى البارز فافيلوف الذى افترض أنه لو أن خواص الجسيم الاولى توضح الكثير من تصرف العالم ككل فانه من الناحية الاخرى وتبعا للقواعد العامة للدياليكتيك يمكن ان تحدد خواص نفس الجسيمات الأولية بخواص العالم ككل .

كتب الاستاذ سموروديسنكى يقول انه قد تؤثر فى أعماق عالم الجسيمات الدقيقة . نفس القوى التى تكون الكون ؟ ويرتبط تطور الكون ، على الخصوص . بتفاعلات نووية . أما انحناؤه فقد تحدده دفقات النيوترينو . ومن الصعب تفهم العلاقة المتبادلة فى عالم الجسيمات الاولية . ولكن يزداد ثبات الثقة فى أنه لا توجد فى هذا العالم جسيمات زائدة عن الحاجة ، وأن قيمة شحنة الالكترون فى نهاية الامر ذات ارتباط معين مع ثابت قانون الجاذبية الذى يحدد حركة العوالم ، أما التصرف الغريب للكاوونات فمرتبط بخيوط غير مرئية حتى الآن مع ميلاد المجرات .

وهكذا فبداية كتاب الطبيعة يتشابك مع نهايته . ويتضح أنه لا يوجد بها أى شىء زائد .



الشكل العام للمعجل البروتونى ، الذى طاقته ٧٦ جيجا الكترون – فولت والمقام فى مدينة سيربوخوف بضواحى موسكو .



صالة التجارب التي مساحتها ۹۰۱٦۰ م٢ لسنكروترون البروتوني ذي طاقة ٧٦ جيجا الكترون – فولت .



السينكروسيكلوترون فى معهد الدراسات النووية الموحد بمدينة دوبنا لتعجيل البروتونات حتى طاقة ٦٨٠ ميجا الكترون - فولت .



نافذة لحزمة الجسيمات في غرفة التعجيل للسينكروسيكلوترون ذي طاقة ٦٨٠ ميجا الكترون – فولت في معهد الدراسات النووية الموحد بمدينة دوبنا .



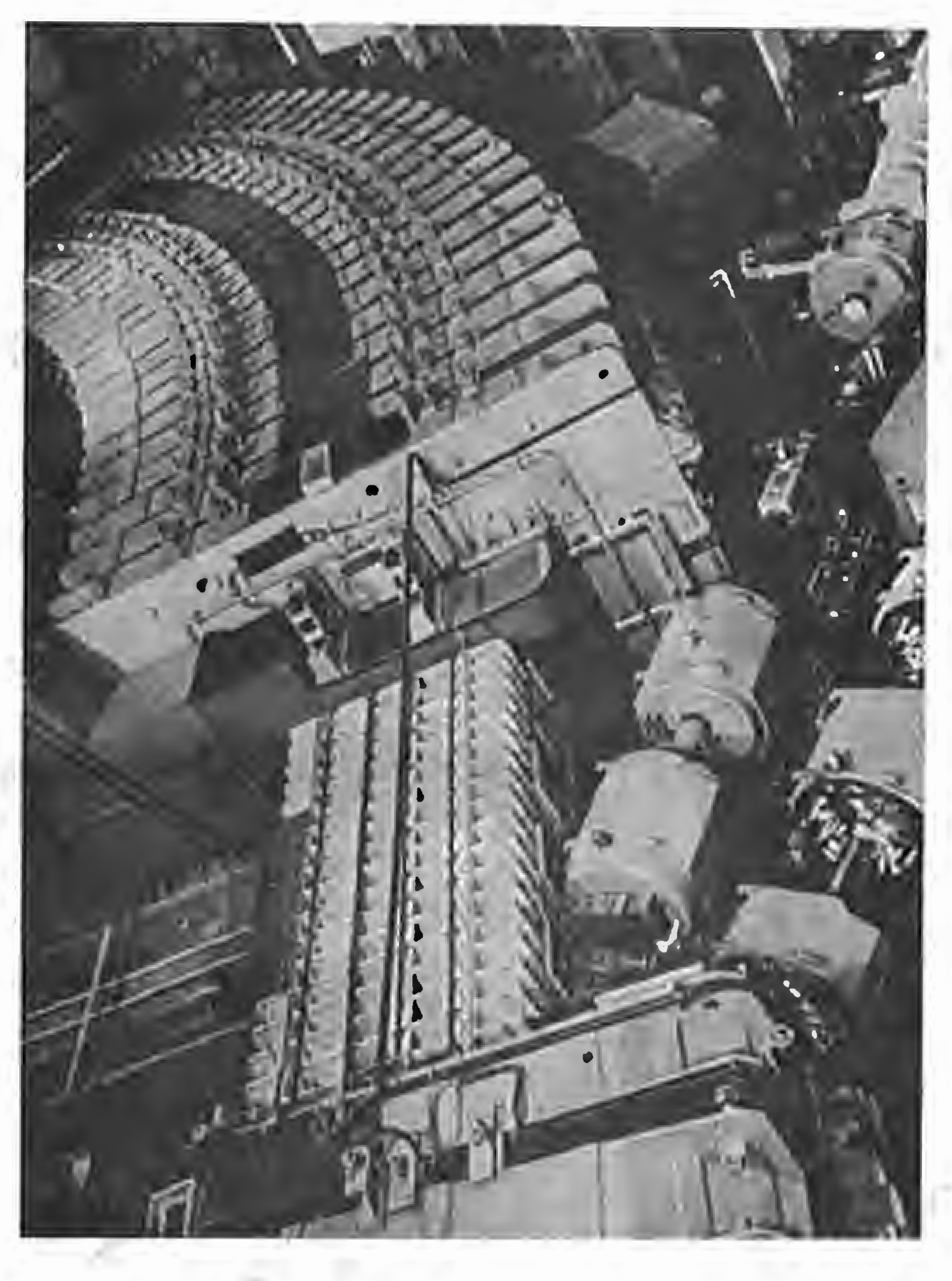
نموذج النظام المغناطيسي للفازاترون لحزم الجسيمات عالية الشدة .



قطب السكلوترون متساوى الزمن 200 — لا في معهد الدراسات النووية الموحد بمدينة دوبنا .



تركيب المعجل الدائرى فى معهد فيزياء الطاقات العالية فى سيربوخوف .



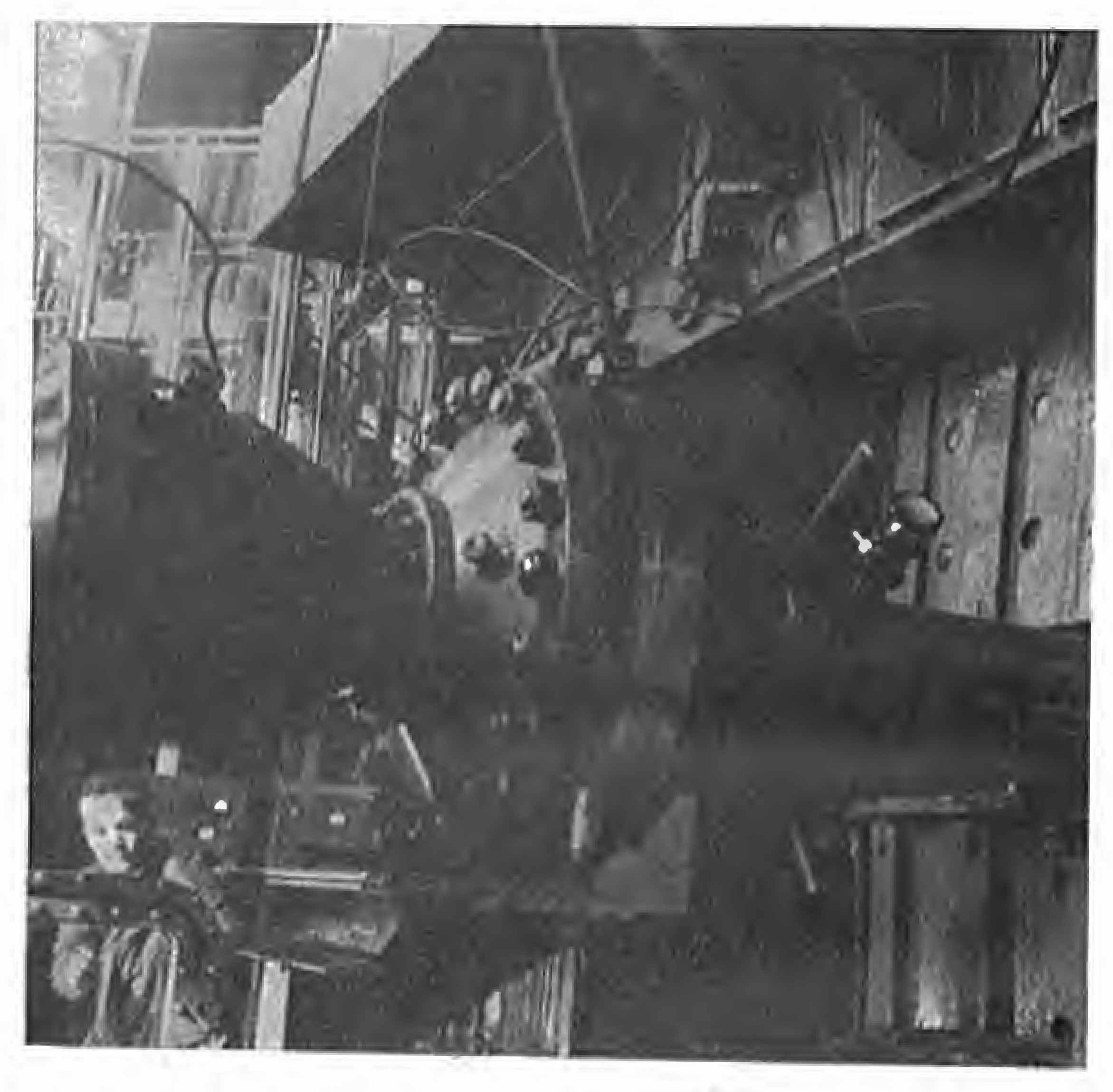
المغناطيس الدائرى ، وجزء التعجيل (فى الوسط) ومخارج الحزم (الى اليمين) فى السينكروترون البروتونى بطاقة ١٠ جيجا الكترون - فولت ذى التركيز البؤرى الضعيف فى معهد الدراسات النووية الموحد بمدينة دوبنا .



الحلقة الجامعة البروتونات فى المركز الأوروبى للدراسات النووية فى جنيف مع نقطة التقاطع .



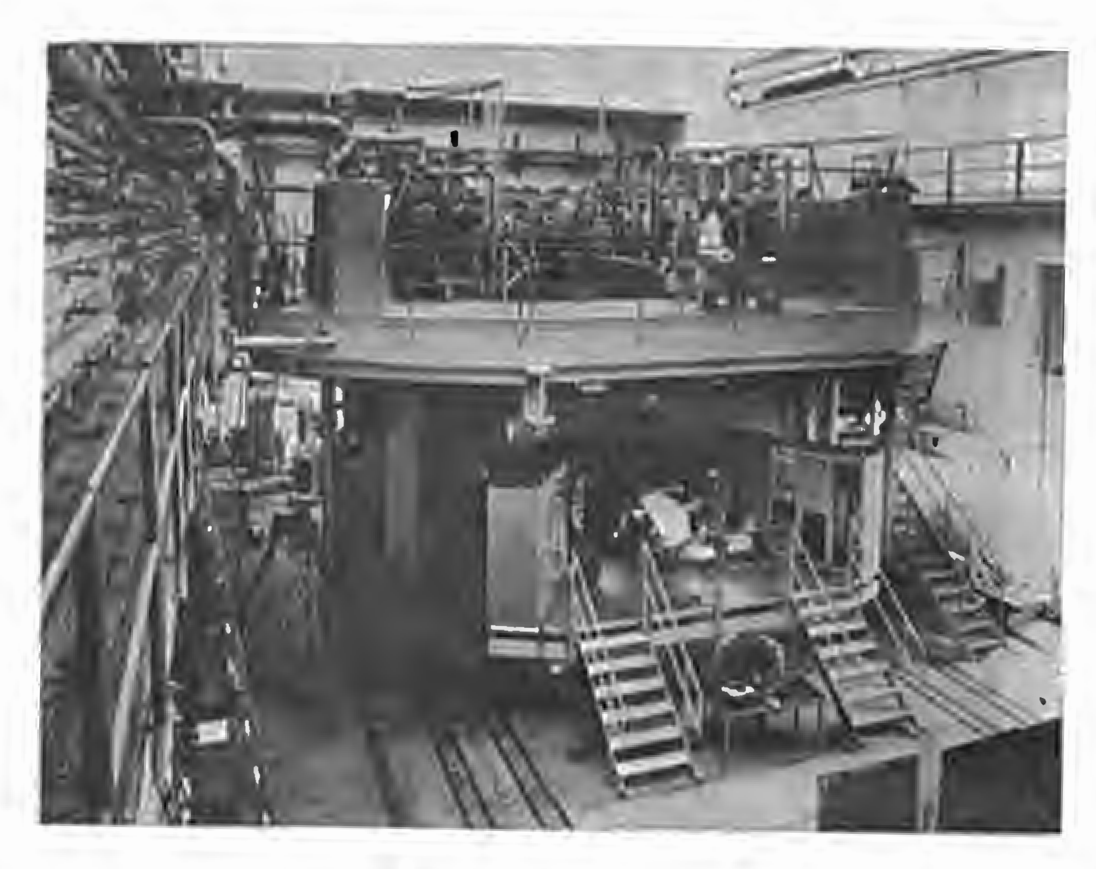
العدسات المغناطيسية للقناة الى ميزونية للسينكروسيكلوترون ذى طاقة ٦٨٠ ميجا الكترون — فولت فى المعهد الموحد للدراسات النووية فى مدينة دوبنا .



مخرج حزمة الجسيمات فى السينكروسيكلوترون لطاقة ١٠ جيجا الكترون - فولت .



الشكل العام للغرفة الفقاعية البروبانية التى طولها متران فى المعهد الموحد للدراسات النووية فى دوبنا .



الشكل العام للغرفة الفقاعية التي طولها متران والعاملة على الايدروجين السائل في المركز الأوروبي للدراسات النووية .



الغرفة الفقاعية « ميرابيل » في حزمة جسيمات المعجل في معهد فيزياء الطاقات العالية في سيربوخوف .



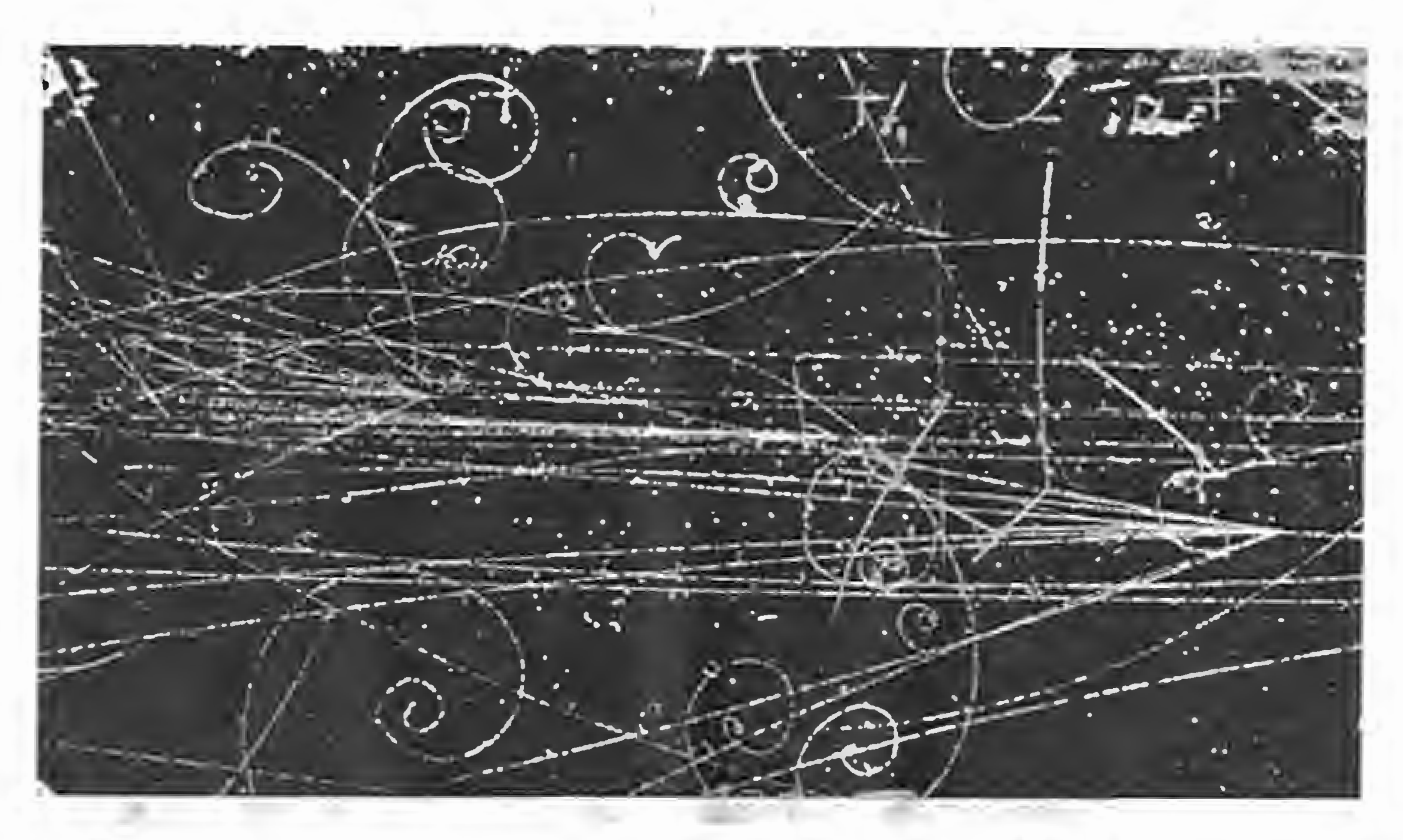
المغناطيس والغرفة الفقاعية البروبانية التى طولها متران فى المعهد الموحد للدراسات النووية فى دوبنا فى المعجل ذى طاقة ٧٦ جيجا الكترون - فولت فى سيربوخوف .



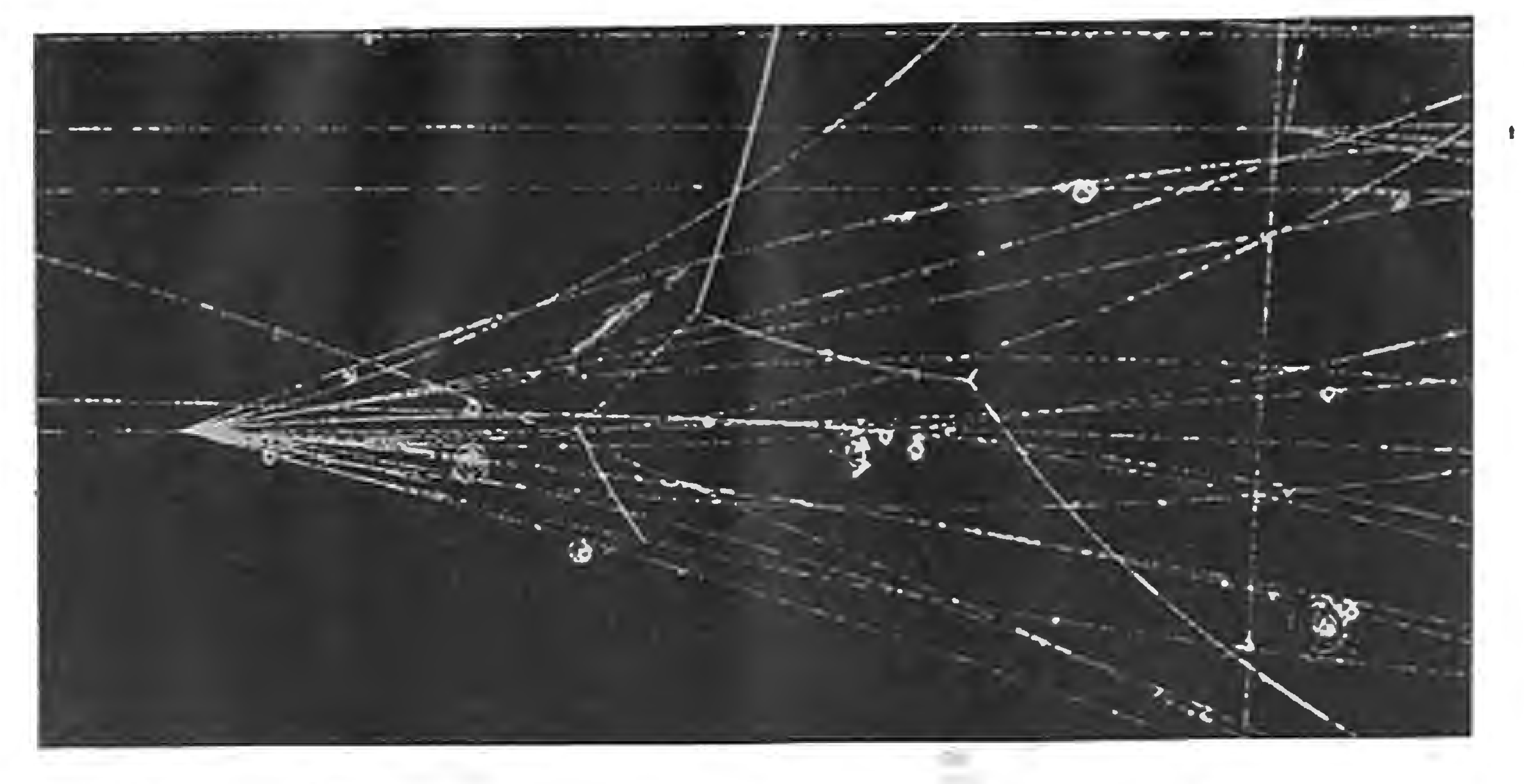
تركيب الغرفة الفقاعية التى طولها متران والعاملة على الايدروجين السائل فى المعهد الموحد للدراسات النووية فى مدينة دوبنا .



الفراغ العامل (الى اعلى) للغرفة الفقاعية التى طولها متران والعاملة على الايدروجين السائل فى المعهد الموحد للدراسات النووية بمدينة دوبنا .



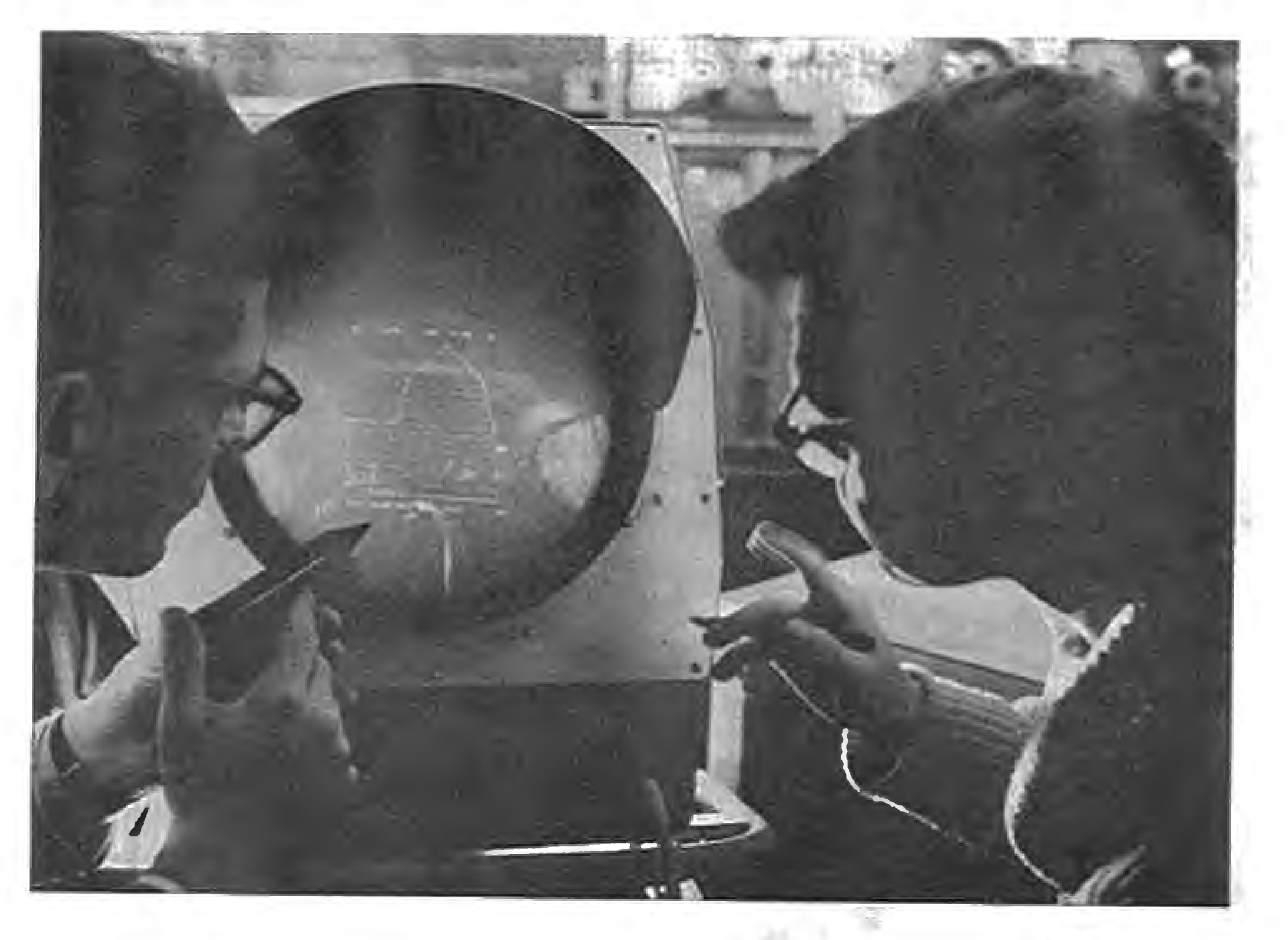
صورة حصل عليها فى الغرفة الفقاعية ، يبدو فيها عدد كبير من نتائج التفاعلات المتبادلة ما بين الجسيمات . (المعهد الموحد للدراسات النووية في مدينة دوبنا).



صورة حصل عليها فى الغرفة الفقاعية ، يبدو فيها ١٨ اثرا لنتائج التأثير المتبادل . (المركز الاوروبى للدراسات النووية) .



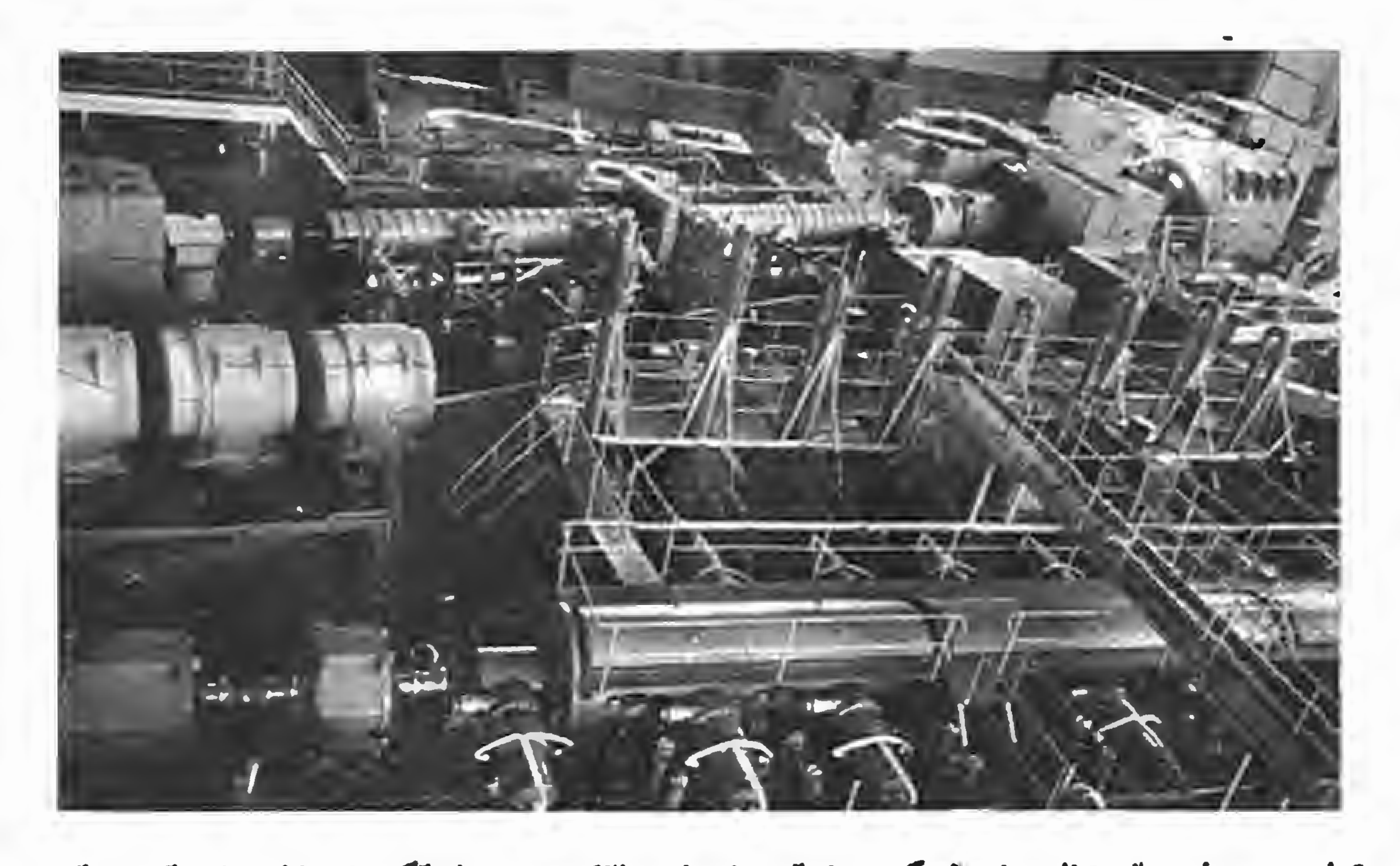
الماكينة الحاسبة الالكترونية في المعهد الموحد للدراسات النووية في دوبنا .



القلم الضوئي لتقييم الصور المأخوذة في الغرفة الفقاعية .



البحث عن مونوبولات ديراك بواسطة عدادات تشيرينكوف في المعجل بمدينة سيربوخوف .



قنوات ضديدات البروتونات فى السنكروترون البروتونى ذى طاقة ١٠ جيجا الكترون - فولت فى المعهد الموحد للدراسات النووية بمدينة دوبنا لنقل وفصل ضديدات البروتونات عن الأيونات السالبة والكاونات المتكونة فى المعجل .

المحتويات



أسرار عالم الجسيمات الدقيقة

ف . تشيرنوجوروفا

